

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Racionalizace kontroly hřídelí

Rationalisation of the Shaft Checking

Student:

Bc. Jan Botek

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Šárka Tichá, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Botek**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: **Racionalizace kontroly hřídelí**
Rationalisation of the Shaft Checking

Zásady pro vypracování:

1. Proved'te rozbor požadavků na hřídele z pohledu rozměrové a tvarové přesnosti.
2. Proved'te rozbor stávajícího stavu kontroly parametrů hřídelí.
3. Proved'te návrh racionalizace kontroly parametrů hřídelí s cílem odstranění nedostatků stávající metodiky kontroly.
4. Proved'te praktické ověření návrhu včetně vyhodnocení.
5. Proved'te celkové zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] TICHÁ, Š. *Strojírenská metrologie – část 1*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 112 s. ISBN 80-248-0672-X.
- [2] TICHÁ, Š. *Strojírenská metrologie – část 2. Základy řízení jakosti*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006. 86 s. ISBN 80-248-1209-6.
- [3] ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [4] Firemní literatura a prospekty

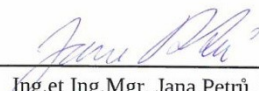
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Šárka Tichá, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..21. 4. 2014.....

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 21. 4. 2014

..... Botek

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jan Botek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Mikovice 273
68604

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

BOTEK, J. Racionalizace kontroly hřídelí: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2014, Vedoucí práce: Tichá, Š.

Hlavním cílem diplomové práce je racionalizace kontroly hřídelí. V první části diplomové práce je zpracován teoretický rozbor požadavků na hřídel z pohledu rozměrové, tvarové přesnosti a jakosti opracované plochy. Na základě analýzy stávající metodiky kontroly parametrů hřídelí bude navržena metodika racionalizace kontroly s cílem odstranění nedostatků stávajícího postupu. Navržená racionalizace projde praktickým ověřením na vybraném představiteli, včetně vyhodnocení získaných dat. V závěrečné části je provedeno celkové zhodnocení obou metod a porovnání výsledků.

ANOTATION OF MASTER THESIS

BOTEK, J. Rationalisation of the Shaft Checking: Master Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Working and Assembly, 2014, Thesis head: Tichá, Š.

The main aim of master thesis is rationalisation of the shaft checking. In the first part of thesis is processed theoretical analysis of the requirements for the shaft in terms of dimensions, shape accuracy and quality of the machined surface. Based on an analysis of existing methodologies control of the parameters shaft will be proposed methodology rationalization of controls in order to eliminate the shortcomings of the current procedure. Proposed rationalization will pass the practical verification of the chosen representative, including the evaluation of the data obtained. In the final part is carried out total evaluation of both methods and compare the results.

Obsah

0 Úvod	9
1 Teoretický rozbor součásti	11
1.1 Výroba ve společnosti KOVOKON Popovice, s.r.o	11
1.2 Zařazení součásti	11
Jednosměrné motory	12
1.3 Hřídel	13
1.4 Výkresová dokumentace	14
1.4.1 Výrobní výkres	14
1.4.2 Bublínkový výkres	14
1.5 Rozměrové tolerance	15
1.6 Technologický postup výroby	16
2 Stávající metodika kontroly	17
2.1 Požadavky zákazníka na kontrolu parametrů hřídelí	17
2.2 Seznam použitých měřidel	21
2.3 Výhody a nevýhody stávající metodiky kontroly	22
3 Návrh nových metod kontroly	23
3.1 Dotykový měřicí přístroj Unidim 600-120	23
3.1.1 Výhody měřicího přístroje Unidim 600-120	24
3.1.2 Nevýhody měřicího přístroje Unidim 600-120	24
3.2 Souřadnicový měřicí stroj Mitutoyo Euro C 7106 Apex	25
3.2.1 Výhody měřicího stroje Mitutoyo Euro C 7106 Apex	26
3.2.2 Nevýhody měřicího stroje Mitutoyo Euro C 7106 Apex	26
3.3 Optický měřicí přístroj MTL 850 X-Stream	27
3.3.1 Výhody měřicího přístroje MTL 850 X-Stream	28
3.3.2 Nevýhody měřicího přístroje MTL 850 X-Stream	29
3.4 Výběr nové metody	29
4 Rozbor navržené metody	30
4.1 Pojmy optického měření	30
4.2 Princip práce, zakládání součásti do stroje a seřízení	31
4.3 Obrazovka měření	31
4.3 Tvorba měřicího programu	33
4.4 Doporučovaná pravidla programování	44

5 Praktické ověření stávající metody a metody nově navržené	45
5.1 Praktické ověření staré metody měření	45
5.2 Praktické ověření nové metody měření	46
5.3 Vyhodnocení naměřených hodnot, chyby a nejistoty měření	47
6 Zhodnocení navržené racionalizace	54
6.1 Časy pro kontrolu starou metodou	54
6.2 Čas pro kontrolu novou metodou	54
6.3 Porovnání kontrolovaných časů	55
7 Závěr	56
8 Seznam použité literatury	57
9 Seznam příloh	59

Seznam použitých zkratk a symbolů

Značka	Popis	Jednotky
D	Dosazované hodnoty průměrových rozměrů	mm
k_a	Koeficient rozšíření	-
L	Dosazované hodnoty délkových rozměrů	mm
n	Počet měřených hodnot	-
R_A	Průměrná aritmetická úchylka profilu	μm
$S(x)$	Výběrová směrodatná odchylka	μm
T_C	Čas pro kontrolu starou metodou	min
T_i	Čas jednotlivých kroků kontroly starou metodou	min
T_{VICI}	Čas pro kontrolu novou metodou	s
$T_{\text{úspora}}$	Čas zkrácení kontroly vybraného představitele	min, s
$T_{\text{úspora } 3ks}$	Čas zkrácení kontroly tří kusů vybraného představitele	min, s
$T_{\text{úspora dávka}}$	Čas zkrácení kontroly vyrobené dávky vybraného představitele	
U	Rozšířená nejistota měření	μm
u_A	Standardní nejistota typu A	μm
u_B	Standardní nejistota typu B	μm
u_C	Kombinovaná střední nejistota	μm
\bar{x}	Výběrový (Aritmetický) průměr	mm
x_i	Naměřené hodnoty jednotlivých rozměrů	mm
z	Dovolená chyba měřidla	μm
α	Koeficient teplotní roztažnosti	K^{-1}
δ_T	teplotní rozdíl	$^{\circ}\text{C}$
Δ	výsledek měření daného rozměru	mm

0 Úvod

Vývoj nových technologií je důležitý pro zefektivnění výrobního procesu. Zachování konkurenceschopnosti, zvyšování produktivity práce a snižování nákladů si dnes klade za cíl každá organizace, jejímž cílem je co nejefektivněji hospodařit a dále se rozvíjet. Nová metoda bude mít úspěch jen v tom případě, že bude nenáročná na zavedení do provozu, jednoduchá obsluha s minimálními náklady na údržbu, s co nejvyšší přesností. Docílení takových podmínek může být hodně náročné.

Metrologie je technická a vědní disciplína, zabývající se všemi poznatky a činnostmi, souvisejícími s měřením, je základem jednotného a přesného měření. Jednotné a přesné měření zaručí požadovanou kvalitu daných výrobků. Dnešní průmyslová metrologie se svými znalostmi a technologiemi je schopná podat objektivní výsledky s jistou chybou měření. Tyto výsledky pak budou hrát rozhodující roli při předávání či nákupu vyráběné součásti, za další pak ovlivní následující postup součásti montáží a funkční vlastnosti po dobu její životnosti.

Tato diplomová práce se zabývá racionalizací kontroly hřídelí. Srovnává měření dané součásti, vybraném představiteli, v tomto případě hřídele starou metodou s metodou novou, měřicí stanicí Vici Vision. Tato práce bude porovnávat přesnost měření daných metod.

Podklady pro tuto práci jsem získal z experimentálního měření a odborné literatury.

Cíl práce

Cílem mé diplomové práce je návrh racionalizace kontroly hřídelí v podmínkách vybrané firmy. Tohoto cíle bude dosaženo na základě splnění těchto úkolů:

1. Rozboru požadavků na hřídele z pohledu rozměrové, tvarové přesnosti a jakosti opracované plochy
2. Rozboru stávající metodiky kontroly parametrů vybraného představitele hřídele v podmínkách dané společnosti
3. Návrhu racionalizace kontroly parametrů daného představitele s cílem odstranění nedostatků stávající metodiky kontroly
4. Praktického ověření návrhu včetně vyhodnocení získaných dat
5. Provedení celkového zhodnocení a porovnání výsledků stávající a nově navrhované metodiky kontroly

1 Teoretický rozbor součástí

1.1 Výroba ve společnosti KOVOKON Popovice, s.r.o

Společnost KOVOKON Popovice, s.r.o. vznikla v roce 1990 a od svého vzniku se specializuje na sériovou výrobu přesných kovových součástí. Strojový park sdružení se postupně rozšiřoval o univerzální obráběcí stroje, na nichž se realizovaly náhodné zakázky. [1]

Významný zvrat nastal v roce 1994, kdy společnost začala s aplikací moderních technologických postupů a výrobních technologií, které jí umožnily inovovat stávající výrobovou řadu zejména v oblasti přesnosti opracování požadovaného tvaru, za současného výrazného zvýšení produktivity. Společnost investovala do moderního technologického vybavení. Oslovením významných zákazníků, zejména z oblasti elektrotechnického průmyslu, začala spolupráce s prestižními zákazníky trvající doposud. Hlavní odvětví vyráběných součástí jsou výroba dílů do elektromotorů, CNC strojů a automobilů. [1]

Divize ELEKTRO je zaměřená na výrobu komponentů elektromotorů, větrných elektráren a vakuových systémů. Spolupráce s předními výrobci elektromotorů. Zákazníci jsou vzhledem k metodám dalšího zpracování a charakteru jejich použití výrobků důslední v nárocích na zajištění kvality opracování, přesnosti tvarů, vnitřní i vnější čistoty. [1]

1.2 Zařazení součástí

Kontrolovaná součást, hřídel je součástí sestavy elektromotoru. Elektromotor je elektrický stroj, který slouží k přeměně elektrické energie na mechanickou práci. Jako elektromotor bývají používány indukční stroje pracující na principu elektromagnetické indukce. Konstrukce většiny elektrických strojů umožňuje přechod z motorického do generátorického režimu provozu stroje, a proto nebyvají konstrukčně odlišné. Konstrukční odlišnost elektrických strojů vychází především z konkrétní aplikace. [2]

Zákazník, pro kterého je kontrolovaná součást určena, nabízí jednu z nejrozsáhlejších nabídek elektromotorů napomáhajících v každém průmyslovém odvětví i v jednotlivých aplikacích dosáhnout nové úrovně efektivity a úspor energie i

za těch nejnáročnějších podmínek. Kombinací nejlepších dostupných materiálů s vynikajícími technologiemi jsou motory určeny pro spolehlivý provoz bez ohledu na to, o jak náročný proces nebo aplikaci se jedná. Motory mají zároveň nízké náklady na životní cyklus.

Motory do nebezpečného prostředí

Motory jsou navrženy tak, aby splňovaly náročné požadavky na efektivitu, výkon a dostupnost v odvětví zpracování ropy, plynu, chemie a petrochemie. Také mají vynikající výsledky v oblasti přepravy tankerů, distribuci paliva a dalších. [3]

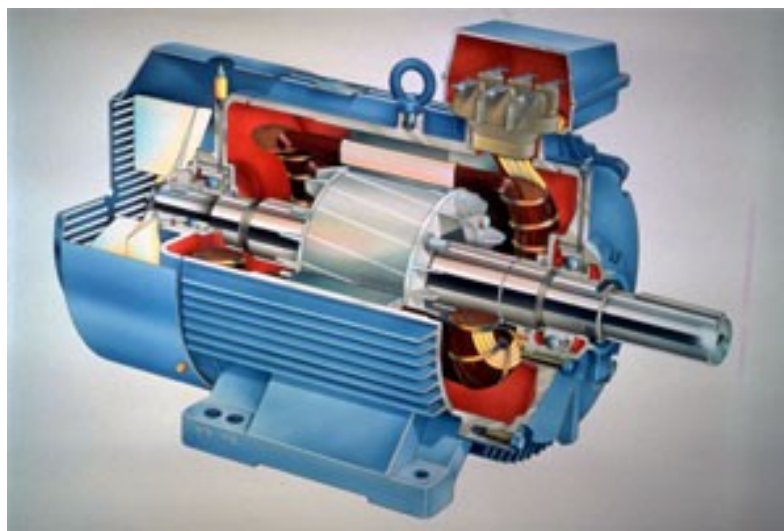
Synchronní motory

V nabídce naleznete širokou škálu synchronních motorů. Společnost má za sebou velké množství instalací na celém světě. I díky tomu dobře vyhovují požadavkům všech průmyslových oborů, aplikací a prostředí. [3]

Jednosměrné motory

V nabídce je široký sortiment stejnosměrných motorů vhodných pro téměř jakékoliv použití. Motory byly vyvinuty tak, aby splňovaly tyto nejdůležitější podmínky: maximální výkon, spolehlivost a kvalitu[3]

Na Obr. 1.1 je znázorněno umístění hřídele v sestavě elektromotoru.



Obr. 1.1 Elektromotor v řezu[4]

1.3 Hřídel

Hřídel je podlouhlá rotační součást strojů, obvykle jsou na ní připevněny další součásti, které se spolu s hřídelí otáčejí kolem její osy. Sama je ke stroji upevněna pomocí jednoho nebo několika ložisek. Podle funkce a namáhání se hřídele dělí na nosné a hybné. V našem případě se jedná o hybnou hřídel, montovanou do sestavy elektromotoru. [5]

Na Obr. 1.2 je ukázka typické rotační součásti hřídele.



Obr. 1.2 Model hřídele [6]

1.5 Rozměrové tolerance

Tab. 1.1 Rozměry a tolerance

Pozice	Rozměry	Nominální (jmenovitá) hodnota [mm]	Tolerance [mm]		Rozměry [mm]	
			Dolní	Horní	Dolní	Horní
1	Průměr 28j6	28	-0,004	0,009	27,996	28,009
2	Průměr 30e7	30	-0,061	-0,04	29,939	29,96
3	Průměr 30k5	30	0,002	0,011	30,002	30,011
4	Průměr 36c11_H	36	-0,28	-0,12	35,72	35,88
5	Průměr 36,17	36,17	-0,02	0	36,15	36,17
6	Průměr 36,17 d	36,17	-0,02	0	36,15	36,17
7	Průměr 36c11_D	36	-0,28	-0,12	35,72	35,88
8	Průměr 25k5	25	0,002	0,011	25,002	25,011
9	Vzdálenost 40	40	-0,5	0	39,5	40
10	Vzdálenost 37	37	0	0,2	37	37,2
11	Vzdálenost 19	19	-0,2	0,2	18,8	19,2
12	Vzdálenost 26	26	-0,2	0,2	25,8	26,2
13	Vzdálenost 178	178	-0,1	0,1	177,9	178,1
14	Vzdálenost 272	272	-0,2	0,2	271,8	272,2
15	Vzdálenost 12	12	-0,2	0,2	11,8	12,2
16	Vzdálenost 140	140	-0,5	0,5	139,5	140,5
17	Vzdálenost 17	17	-0,2	0,2	16,8	17,2
18	Vzdálenost 2,5_1	2,5	-0,1	0,1	2,4	2,6
19	Vzdálenost 2,5_2	2,5	-0,1	0,1	2,4	2,6
20	Vzdálenost 2,5_3	2,5	-0,1	0,1	2,4	2,6
21	Vzdálenost 0,2_1	0,2	-0,2	0,2	0	0,4
22	Vzdálenost 0,2_2	0,2	-0,2	0,2	0	0,4
23	Vzdálenost 0,2_3	0,2	-0,2	0,2	0	0,4
24	Rádus R0,8_1	0,8	-0,2	0,2	0,6	1
25	Rádus R0,8_2	0,8	-0,2	0,2	0,6	1
26	Rádus R0,8_3	0,8	-0,2	0,2	0,6	1
27	Úhel 7°_1	7	-1	1	6	8
28	Úhel 7°_2	7	-1	1	6	8
29	Úhel 7°_3	7	-1	1	6	8
30	Vzdálenost 2x45°	2	-0,2	0,2	1,8	2,2
31	Úhel 2x45°	45	-1	1	44	46
32	Vzdálenost 1x45°_1	1	-0,2	0,2	0,8	1,2
33	Úhel 1x45°_1	45	-1	1	44	46
34	Vzdálenost 1x45°_2	1	-0,2	0,2	0,8	1,2
35	Úhel 1x45°_2	45	-1	1	44	46
36	Vzdálenost 0,2x45°_1	0,2	-0,2	0,2	0	0,4
37	Úhel 0,2x45°_1	45	-1	1	44	46
38	Vzdálenost 0,2x45°_2	0,2	-0,2	0,2	0	0,4
39	Úhel 0,2x45°_2	45	-1	1	44	46

Pozice	Rozměry	Nominální (jmenovitá) hodnota [mm]	Tolerance [mm]		Rozměry [mm]	
			Dolní	Horní	Dolní	Horní
40	Házení 36,17 AB	0	0	0,1	0	0,1
41	Házení 36,17 hroty	0	0	0,1	0	0,1
42	Ra 16_1	0	0	16	0	16
43	Ra 2,5 - Ø28j6	0	0	2,5	0	2,5
44	Ra 1,6 - Ø30e7	0	0	1,6	0	1,6
45	Ra 1,6 - Ø30k5	0	0	1,6	0	1,6
46	Ra 6,3 - Ø36c11_H	0	0	6,3	0	6,3
47	Ra 4 - Ø36,17	0	0	4	0	4
48	Ra 4 - Ø36c11_D	0	0	4	0	4
49	Ra 1,6 - Ø25k5	0	0	1,6	0	1,6
50	Ra 16_2	0	0	16	0	16

1.6 Technologický postup výroby

Technologické oddělení nacházející se v sídle firmy vytvořilo následující výrobní postup. Není uveden stroj, na kterém probíhá výroba z důvodu organizování práce a smyslu co největšího využití pracovišť. Daný představitel má různá místa svého obrobění. Další prvky použité při procesu výroby jsou uvedeny v následující tabulce 1.2.

Tab. 1.2 Technologický postup

Operace	Popis operace	Pracoviště	Přípravek :	Nástroje	Měřidla	Četnost měření	Způsob	Program
Materiál, polotovary :								
	přířez 38x274			Rozměr 1	Rozměr 2	Množství	MJ	
						1,00 ks		
30	Kontrola výstupní	9002	Kontrola výstupní			Kód operace	KONT-001-C-1	
10	Vstupu kontrola.					5 ks z dávky	TK	
10	Výstupní kontrola.					5 ks z dávky	TK	
10	Soustružení NC	21306	CNC soustruh SP12 Hrotový unašeč " 2001504"			Kód operace	SOUS-001-US-7	
10	Soustružit zleva d 28,3 (+0,05) d 30,3 (+0,1) d 36 c11 Délky soustružit hotově dle výkresové dokumentace.			VBD-TNMX 160404-WF 4215 (dokončovač) Držák-MTJNR 2525M 16M1 VBD-TNMG 160408-DM- YBC152 (hrubovač)	měřidlo posuvné digitální měřidla ostatní- měřidlo dig.vertikální	dle KP 01/13	obsluha	
20	Soustružit zprava d 25,3 (-0,05) d 36 c11 d 36,4 (-0,05) Délky soustružit hotově dle výkresové dokumentace.			VBD-TNMX 160404-WF 4215 (dokončovač) Držák-MTJNR 2525M 16 -Walter VBD-TNMG 160408-DM- YBC152 (hrubovač)	mikrometr 25-50 měřidla ostatní- měřidlo dig.vertikální	dle KP 01/13	obsluha	
30	Opracování dle výkresu.				měřidla ostatní- drsnoměr	dle KP 01/13	obsluha	
40	KAŽDÝ KUS ZNAČIT OSOBNÍ ZNAČKOU A NAKONZERVOVAT !!!			VBD-TNMX 160404-WF Držák-MTJNR 2525M 16M1 měřidlo posuvné digitální měřidla ostatní-měřidlo VBD-TNMG 160408-DM-		dle KP 01/13	obsluha	

2 Stávající metodika kontroly

Stávající metoda kontroly se skládá z jednotlivých měření pro každý kontrolovaný parametr. Jedná se o sestavu jednotlivých měřidel na kontrolu rozměrů požadovaných zákazníkem. Každý parametr je kontrolován jednotlivě a zapisován do kontrolního listu.

2.1 Požadavky zákazníka na kontrolu parametrů hřídelí

Součástí zákaznických požadavků je kontrolní plán jak postupovat při kontrole parametrů na daném představiteli. Je zde popsán kompletní návod jak postupovat při kontrole jednotlivých rozměrových a tvarových prvků na hřídeli. Dále pak kontrolní list, který obsahuje seznam kontrolovaných parametrů. Do volných polí se vypíší naměřené hodnoty od tří náhodně vybraných kusů z výrobní zakázky. Tyto kusy jsou označeny čísly jedna až tři, aby zákazník dostal vše podle domluvených stanovených požadavků pro přejímku zakázky.

Schválená hřídel by měla splňovat následující vlastnosti:

1. Materiál hřídele v souladu s výkresovými požadavky
2. Obráběná hřídel v souladu se všemi výkresovými požadavky (bez poznámky)
3. Hřídele dodány s odpovídajícími dokumenty (záznamem měření), vyraženým identifikačním číslem, případně jiným osvědčením je-li to nutné

Kontrolní plán obsahuje fotografie jak postupovat při kontrole daných parametrů. Na obrázcích Obr. 2.1 až Obr. 2.6 je znázorněno jak v jednotlivých případech postupovat.

Pro kontrolu ložiskových rozměrů, tj. $\varnothing 30k5$ mm a $\varnothing 25k5$ mm má být použit mechanický komparátor, konkrétně pasometr.

Na Obr.2.1 je postup této kontroly, v našem případě průměr $\varnothing 25k5$ mm.



Obr. 2.1 Kontrola ložiskových průměrů pasametrem

Zbylé kontrolované průměry se měří třmenovým digitálním mikrometrem.

Na Obr. 2.2 je naznačen způsob kontroly na konkrétním průměru Ø28j6mm.



Obr. 2.2 Měření dalších průměrů mikrometrem

Délkové rozměry, to jsou délky 40mm, 37mm, 19mm, 26mm, 178mm, 272mm, 12mm, 140mm, 17mm vyrobené na daném představiteli se mají dle zákazníkova kontrolního plánu kontrolovat na vertikálním výškoměru firmy TRIMOS.

Na Obr. 2.3 je zobrazena popsaná kontrola.



Obr. 2.3 Kontrola délkových rozměrů pomocí výškoměru TRIMOS

Kontrola geometrické přesnosti, obvodového házení je kontrolována páčkovým úchylkoměrem. Zákazník navrhuje dvě metody kontroly. První je kontrola házení na prizmatech, kde je hřídel na nich poležena a druhá, kontrola s využitím hrotového zařízení. Zákazník vyžaduje obojí kontrolu z důvodu možné chyby při měření na prizmatech z důvodu nesprávného dosednutí hřídele. Hroty jsou pneumaticky ovládány, správné upnutí hřídele je zaručeno díky vytvořenému tlaku.

Na Obr. 2.4 nalezneme metodu na prizmatech, Obr. 2.5 nastiňuje kontrolu házení na hrotech.



Obr. 2.4 Kontrola obvodového házení na prizmatech



Obr. 2.5 Kontrola obvodového házení pomocí hrotového zařízení

Na Obr. 2.6 nalezneme kontrolu mikrogeometrie obráběné plochy konkrétně kontrolu průměrná aritmetické úchylky profilu drsnosti Ra.



Obr. 2.6 Kontrola průměrné aritmetické úchylky profilu drsnosti Ra.

Kontrola zbylých rozměrů jako je velikost sražení, úhel sražení a kontrola zápichů není zákazníkem požadována. Součást je obráběna břitovými destičkami se špičkou o poloměru 0,8mm, což zaručí vytvoření správných zápichů u přechodů na vybraném představiteli. Avšak neustálé zdokonalování výroby, zavádění nových metod by do budoucna mělo odstranit stávající nedostatky a zajistit kompletní kontrolu všech vyrobených rozměrů a tvarů na vybraném představiteli.

2.2 Seznam použitých měřidel

Třmenový mikrometr digitální

Měřicí rozsah 25-50mm, dělení 0,001mm

Pasametr

Měřicí rozsah 25-50mm, dělení 0,002mm

Výškoměr

Měřicí rozsah 0-600mm, dělení 0,001mm

Páčkový úchylkoměr

Měřicí rozsah 0-0,2mm, dělení 0,002mm

Drsnoměr

Měřicí rozsah 0-4,8mm, dělení 0,001μm

Následující tabulka Tab. 2.1 obsahuje seznam použitých měřidel s přiřazenými kontrolovanými hodnotami.

Tab. 2.1 Použitá měřidla

Mikrometr 25-50	Pasametr 25-50	Výškoměr	Páčkový úchylkoměr	Drsnoměr
Průměr 28j6	Průměr 30k5	Vzdálenost 40	Házivost 36,17 AB	Ra 16_1
Průměr 30e7	Průměr 25k5	Vzdálenost 37	Házivost 36,17 hroty	Ra 2,5 - Ø28j6
Průměr 36c11_H		Vzdálenost 19		Ra 1,6 - Ø30e7
Průměr 36,17		Vzdálenost 26		Ra 1,6 - Ø30k5
Průměr 36,17 d		Vzdálenost 178		Ra 6,3 - Ø36c11_H
Průměr 36c11_D		Vzdálenost 272		Ra 4 - Ø36,17
		Vzdálenost 12		Ra 4 - Ø36c11_D
		Vzdálenost 140		Ra 1,6 - Ø25k5
		Vzdálenost 17		Ra 16_2

Kalibrační listy k jednotlivým měřidlům jsou součástí příloh práce. Viz přílohy č. 2 až č. 6.

2.3 Výhody a nevýhody stávající metodiky kontroly

Výhody:

- jednoduchý způsob kontroly jednotlivých parametrů,
- univerzálnost měřidel,
- měření vybraných parametrů (průměrů) přímo na výrobním pracovišti.

Nevýhody:

- dlouhý čas kontroly všech vyrobených parametrů,
- nekompletní kontrola vybraného představitele,
- větší pravděpodobnost chybného měření.

3 Návrh nových metod kontroly

Návrh variant řešení:

1. Použití dotykového měřicího přístroje Unidim 600-120
2. Souřadnicový měřicí stroj Mitutoyo Euro C 7106 Apex
3. Optický měřicí přístroj MTL 850 X-Stream

Navrhované nové metody mají za úkol zefektivnění proces kontroly. Zaměří se na rozměrové a tvarové náležitosti na vybraném představiteli. Kontrolu mikrogeometrie povrchu ponecháme na svávajícím způsobu kontroly, to je drsnoměrem Hommel Surfest SJ 210.

3.1 Dotykový měřicí přístroj Unidim 600-120

Unidim je všestranný automatický přístroj pro rozměrovou kontrolu rotačních dílů hřídelového typu. Ke statickému a dynamickému měření využívá mechanické dotykové sondy. Umístění přístroje je možno jak na dílně, tak v laboratoři díky uzavřené elektronice a osobní počítač v klimatizované skříni. Pro bezpečnost obsluhy jsou nainstalovány světelné závory. Součástí je i osobní počítač s 17“ monitorem a tiskárnou. Jednoduchá programovatelnost. Real-time zobrazení výsledků na monitoru.

Přístroj je schopený kontrolovat díly o maximální vzdálenosti 600 mm a průměru 120 mm v přesnosti 0,0001mm. [7]

Možnosti zařízení Unidim 600-120:

- statická měření (průměry, délky, rovinné úhly, poloměry, vzdálenosti mezi body a úhly mezi přímkami),
- geometrická měření (odchylka symetrie, odchylky rovnoběžnosti, odchylky kolmosti),
- geometrické tvary (rotační průměry, úhly načasování u vaček, klikové hřídele, otvory kolmé na osu, kruhovitost, sousost, obvodového házení, válcovitost),
- ozubení (průměr hlavové a patní kružnice, tloušťka zubu, úhel sklonu zubu, axiální a radiální házení).

Na Obr. 3.1 je zobrazen dotykový přístroj Unidim 600-120.



Obr. 3.1 Dotykový měřicí přístroj Unidim 600-120 [7]

3.1.1 Výhody měřicího přístroje Unidim 600-120

Výrobce klade největší důraz na všestrannost měřicí stanice, pro měření jednoduchých i složitějších tvarových prvků na rotačních dílech. Vysoká přesnost s poměrně vysokou efektivitou měření. Dotykové sondy nabízí širokou škálu měřících modifikací. Přístroj je již vybaven zabudovaným stolním počítačem s monitorem, zákazníkovi odpadne další nákup vybavení pro chod stanice. Další výhodou je možnost umístění přístroje jak na výrobní pracoviště, ale i do prostoru kontroly.

3.1.2 Nevýhody měřicího přístroje Unidim 600-120

Měřicí proces na tomto přístroji bude mít řadu úskalí. Dotykové sondy budou potřebovat kalibrace, které mohou trvat i několik hodin při použití vyššího počtu měřících sond. Větší časový prostor bude potřebný i k samostatnému měření z důvodu sejmutí mnoha bodů na kontrolovaném díle pro vyhodnocení měřených parametrů, čím více měřených bodů je naprogramováno, tím se prodlouží čas, ale zpřesní se výsledky

měření. Další nevýhodou měření dotykovou metodou je možnost kolize měřících sond s měřeným dílem, chyba programátora způsobí komplikace při opravě a překalibrování měřícího zařízení.

3.2 Souřadnicový měřicí stroj Mitutoyo Euro C 7106 Apex

Mitutoyo nabízí vysoce přesné souřadnicové měřicí stroje schopné měřit při vysokých rychlostech a zrychlení. Je to také investice do budoucna, protože snímací systémy a software lze snadno změnit nebo přidat, nabízí přesnost, rychlost a flexibilitu.

Je založena na osvědčené konstrukci optimalizované pro snížení dynamických vlastností systému. Speciální algoritmy pomáhají zvyšovat přesnost tím, že odstraňují mechanické odchylky stroje. Integrovaná teplotní kompenzace umožňuje měření při teplotách mezi 16 a 26°C, výsledky měření budou automaticky upraveny na referenční teplotu 20°C. Je možný teplotní gradient 1K na metr a hodinu. Volitelné aktivní tlumení vibrací nabízí umístit SMS v blízkosti výroby. To přináší rychlé výsledky měření a snižuje dynamické účinky z výroby. [8]

Přístroj je schopný kontrolovat díly o maximální vzdálenosti v ose X=705 mm, v ose Y=1005 mm a v ose Z=605 mm. Přesnost je 0,0001mm.

Na Obr. 3.2 je zobrazen dotykový přístroj Mitutoyo Euro C 7106 Apex.



Obr. 3.2 dotykový přístroj Mitutoyo Euro C 7106 Apex

3.2.1 Výhody měřicího stroje Mitutoyo Euro C 7106 Apex

Opět je kladen největší důraz na všestrannost měřicí stanice, pro měření jednoduchých i složitějších tvarových prvků nejen na rotačních dílech. Jednoduchá konstrukce, vysoká přesnost, která je umocněna teplotní kompenzací, rychle pojezdové rychlosti se budou řadit mezi největší výhody přístroje. Možnost kombinace různých dotykových sond, které výrobce nabízí. Umožnění vytvoření měřicího programu na různě složité součástky. Měřicí stanice je již součástí vybavení kontrolního oddělení, znamenalo by značnou úsporu finančních prostředků, odpadl by nákup nového vybavení.

3.2.2 Nevýhody měřicího stroje Mitutoyo Euro C 7106 Apex

Měřicí stroje dotykového charakteru budou náročnější na údržbu, seřizování, ale i samotný měřicí čas. Nutnost kalibrace všech použitých sond zkracuje čas použitelný pro samotné měření součástek. Dále vzniklé problémy od chyb programátora můžou mít za následek dočasné odstavení stroje a vznik ztrát na opravu zařízení a za nečinnost přístroje.

3.3 Optický měřicí přístroj MTL 850 X-Stream

MTL 850 Ergon S je optický měřicí přístroj navržený pro měření soustružených a broušených dílů velkých rozměrů přímo ve výrobě:

- udržuje cnc centra v provozu tím, že eliminuje odstávky strojů z důvodů seřizování,
- pomáhá operátorovi ve fázi změny výroby tím, že snižuje dobu měření prvního kusu na minimum,
- umožňuje operátorovi provádět měření přímo na místě a šetří tak čas na přenášení dílu do specializované kontrolní místnosti,
- předchází výrobě vadných kusů díky možnosti nastavení parametrů stroje dříve, než jsou vyráběny díly s rozměry mimo toleranci. [9]

Použití MTL Ergon S na dílně přináší jasné výhody:

- značné úspory z hlediska času a nákladů na práci,
- významné snížení vyřazených kusů,
- zvyšuje denní výkon cnc center (především u více vřetenových strojů). [9]

To činí z MTL Ergon S ideální řešení s velmi rychlou návratností počáteční investice. [9]

MTL Ergon S dokáže provádět:

- statická měření (průměry, délky, úhly, poloměry, vzdálenosti a úhly mezi body a přímkami, průměry koule),
- měření závitů (jmenovité průměry, střední průměry, stoupání, vrcholové úhly, délka závitu atp.),
- geometrická měření (symetrie, rovnoběžnosti, kolmosti),
- měření matic (asymetrie, úhly mezi plochami),
- měření tvaru (rotační průměry, úhly načasování u vaček, otvory a drážky, kruhovitost, sousost, házení, válcovitost). [9]

Přístroj je schopný kontrolovat díly o maximální vzdálenosti 850 mm a průměru Ø170 mm v přesnosti 0,0001mm.

Na Obr. 3.3 je zobrazen optický měřicí přístroj MTL 850 X-Stream.



Obr. 3.3 Optický měřicí přístroj MTL 850 X-Stream [9]

3.3.1 Výhody měřicího přístroje MTL 850 X-Stream

Stanice je charakterizována vysokou efektivitou měřicího procesu, krátké měřicí časy s okamžitým vyhodnocení měřených parametrů. Přístroj je chráněn proti kolizi koncovými spínači, které zajistí nevyjetí snímací hlavy mimo její možný rozsah použití. Jednoduchost je také zaručena při vkládání a vyndávání měřené součásti do přístroje. Upnutí je realizováno mezi dva hroty, jeden pevný a druhý posuvný pro vložení různě dlouhých hřídelí. Zajištění polohy je realizováno pákovým mechanismem.

3.3.2 Nevýhody měřicího přístroje MTL 850 X-Stream

Samotná měřicí stanice nemá vlastní měřicí chyby, je navržena účelně a správně plní svou funkci. Nedostatky se však mohou vyskytnout v podobě nečistot, které jsou součástí špatně očištěné kontrolované součástí. Tyto částčky jako mohou být zbytky řezné kapaliny, odřezaná tříska nebo jiné nečistoty negativně ovlivní měřené výsledky a i správně vyrobený rozměr se může jevit jako nevyhovující. Kontrolovaný představitel musí být dokonale zbaven těchto nečistot, pak je zaručeno přesné měření výrobku. Jedna z dalších nevýhod je, že součástí měřicí stanice není stolní počítač sloužící k chodu stroje. Zákazník musí zajistit vlastní PC a firma pak propojí stanici s počítačem a může začít proces kontroly daného představitele.

3.4 Výběr nové metody

Kritéria pro zvolení nové metodiky kontroly:

1. zefektivnění měřicího procesu,
2. zkrácení kontrolních časů,
3. univerzálnost použití kontrolního zařízení,
4. komplexnost kontroly parametrů dle specifikace.

Navržené metody mají za úkol zefektivnit měřicí proces a zajistit zkrácení měřících časů. Zajištění těchto parametrů bude mít za následek urychlení měření, možnost častější kontroly vyráběných dílů nejen pracovníky kontroly, ale i samotnými operátory u výrobních strojů. Výrobní zakázky pak budou dosahovat nižšího podílu neshodné výroby, díky tomu se sníží výrobní ztráty.

Nejkratší měřicí časy na daném představiteli jsou realizovány na Optickém měřicím přístroji MTL 850 X-Stream. Pro svou jednoduchost a přesnost je nejvhodnějším kandidátem na navrhovanou racionalizaci kontroly hřidelí. Zajistí nejen zkrácení měřených časů, ale přinese kompletní měření všech parametrů vybraného představitele, jako je velikost a úhel sražení, tvar zápichů. Díky tomu odstraní dosavadní nedostatky staré metody, která zmíněné rozměry nekontrolovala.

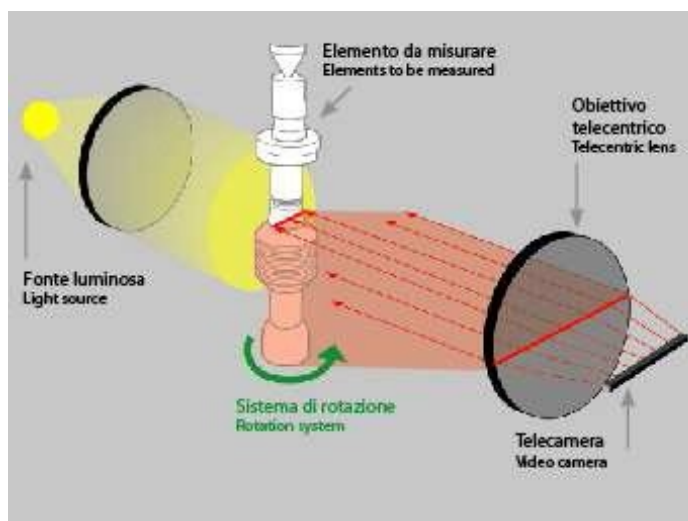
4 Rozbor navržené metody

Vybraná nová metoda je popsána v následující kapitole, seznámí s pojmy optického měření, podrobněji popíše manipulaci při kontrole vybraného představitele, nastíní postup vytváření měřicího programu pro kontrolu součástí.

4.1 Pojmy optického měření

Stroj MTL je tvořen osvětlovacím tělesem, které vytváří jasný paprsek. Tento jasný paprsek osvětluje kus, který má být analyzován. Videokamera umístěná na opačné straně pořizuje snímky. Pořízený snímek je tvořen určitým počtem obrazových bodů (pixelů), který závisí na rozlišení videokamery a na délce kusu; každý jednotlivý obrazový bod má barevný odstín na stupnici šedé. Systém MTL může určovat změny odstínů šedé pomocí podrobné analýzy subpixelů s cílem co nejlepšího určení profilu. [10]

Na Obr. 3.3 je schéma konstrukce přístroje MTL 850 X-Stream, dále jsou vysvětlivky daných konstrukčních prvků.



Obr. 4.1 Konstrukce stroje [10]

Elements to be measured = Měřený prvek

Light source = Zdroj světla

Rotation system = Systém otáčení

Video camera = Videokamera

Telecentric lens = Teleobjektiv

4.2 Princip práce, zakládání součástí do stroje a seřízení

Zobrazovací systém umožňuje měření různých částí válcových kusů udržovaných v poloze měření pomocí dvou koníků. Osvětlovací těleso, čočky a kamera umožňují realizovat dva typy skenování (snímání) analyzované součásti:

- Svislé skenování: snímek je pořizován pomocí svislého pohybu vozíku s kamerou, pohybujícího se podél celé součásti
- Rotační skenování: snímek je pořizován na předem nakonfigurované úrovni, úplným nebo částečným otáčením součásti mezi dvěma koníky[11]

Součást se zakládá s pomocí koníkového systému, s podélným stupněm volnosti umožňujícím analyzovat součásti různé délky a rotačním stupněm volnosti umožňujícím analyzovat kruhovitost součástí.

Podélný posuv horního koníku je ruční, přičemž dolní koník zůstává připevněný k základně. Součást je umístěna na dolní hrot, upnutí se provádí uvedením hrotu horního koníku do díry v součásti.

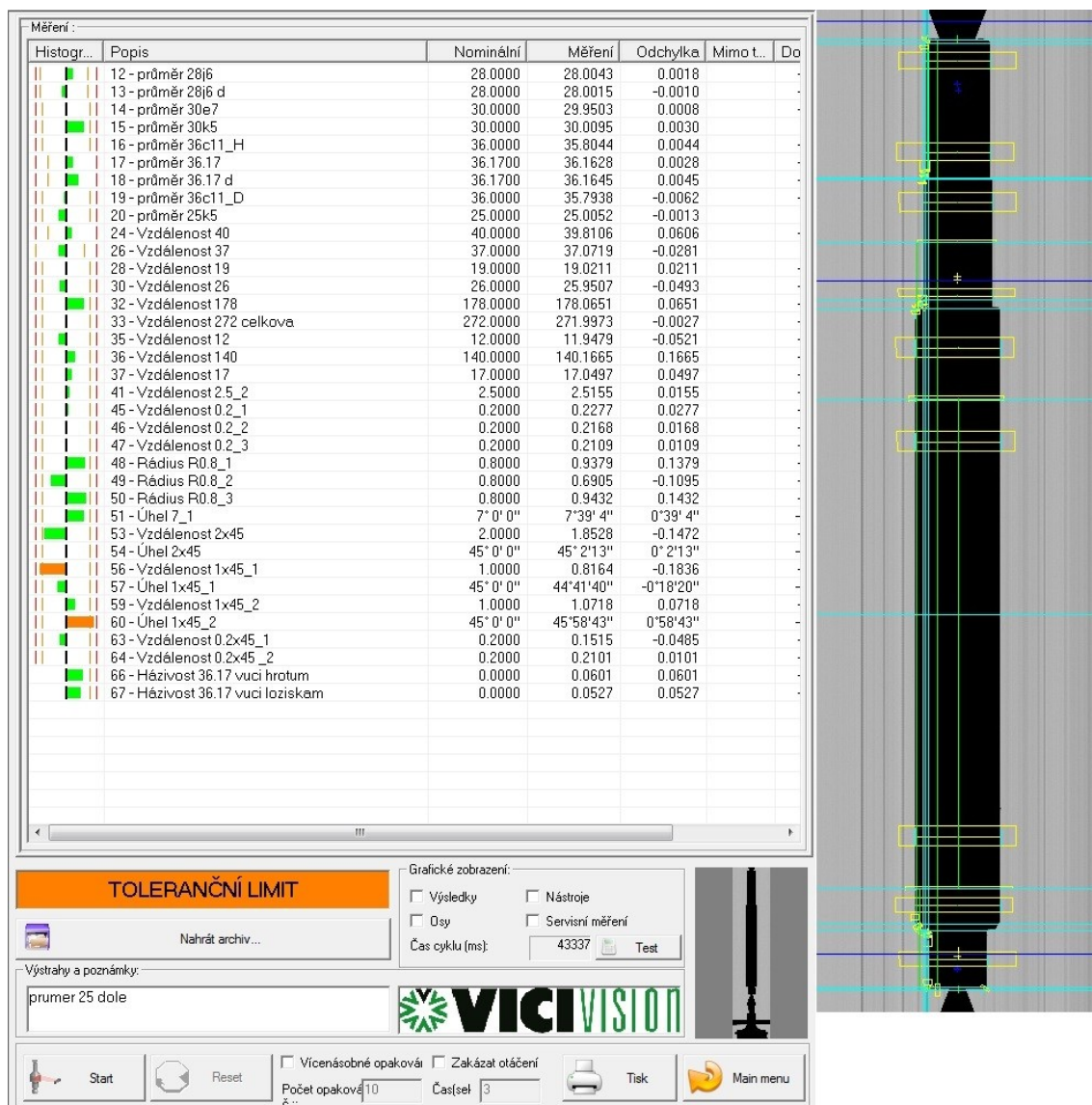
Zkontrolování, zda jsou oba hroty koníků perfektně zasunuty do pracovních děr obrobeného kusu, a že žádná část součásti nemůže překážet posuvu v ose během cyklu analýzy.

Když dojde k značnému zhoršení práce stroje, i když jsou veškerá mechanická nastavení správná, je třeba, aby kvalifikovaný technik provedl nové seřízení. Stroj musí být zapnut minimálně jednu hodinu před začátkem postupu seřizování. [11]

4.3 Obrazovka měření

Obrazovka měření představuje souhrn nastavení celé analýzy, kde je možné na snímku prohlížet číselné a grafické výsledky jednotlivých měření. Tuto obrazovku je možné kdykoli zpřístupnit pomocí klávesové zkratky ALT-2 nebo pomocí nástrojové lišty rychlých příkazů. [11]

Na Obr. 4.2 je znázorněno grafické rozhraní programu "Mtl.exe"



Obr. 4.2 Grafické rozhraní programu "Mtl.exe"

Pro rychlý přístup na obrazovku konfigurace měření a obrazovku běžícího režimu z jakéhokoli zobrazení je možné použít nástrojovou lištu rychlých příkazů.

Pomocí nástrojové lišty rychlých příkazů je možné zavést nový program, uložit běžný program, umožnit nebo zablokovat statistiku a ukládat běžné snímky a provádět odhlašování. [11]

Na Obr. 4.3 je popsána nástrojová lišta programu "Mtl.exe"



Obr. 4.3 Nástrojová lišta programu [11]

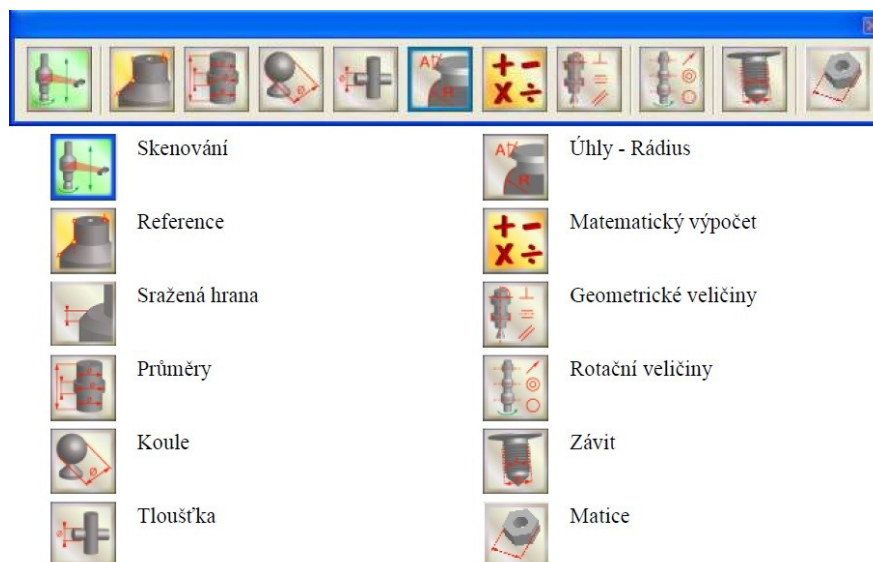
4.3 Tvorba měřicího programu

Měření součásti probíhá díky předem vytvořenému měřicímu programu, který je sestaven z několika důležitých kroků. Musí být dodržena jistá pravidla pro tvorbu tohoto programu, aby byla zajištěna správná funkce a dodržení dané přesnosti.

Založí se nový program s číslem výrobku a dále musí mít následující sled:

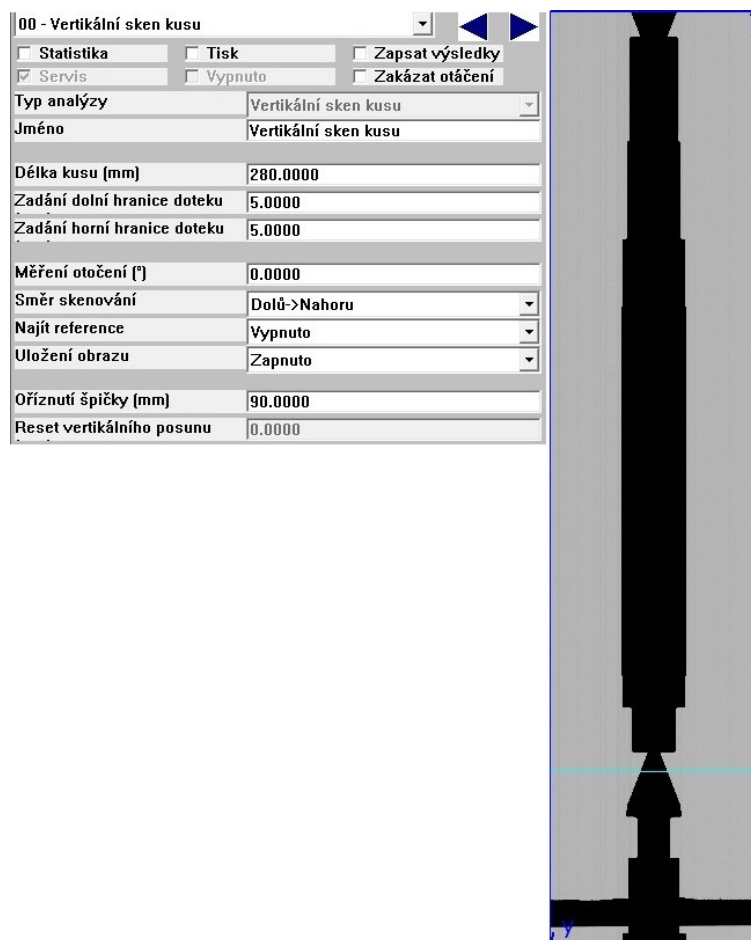
1. vertikální skenování součásti,
2. zadání začátku a konce kusu,
3. rotační skenování součásti v jednotlivých místech dle výrobního výkresu,
4. druhý vertikální skenování,
5. druhé zadání začátku a konce kusu,
6. vytvoření měření pro jednotlivé průměry,
7. vytvoření rovin pro měření vzdáleností,
8. vytvoření měření pro jednotlivé vzdálenosti,
9. vytvoření měření úhlů, radiusů a jiných parametrů,
10. vytvoření měření pro geometrické tolerování,

Na Obr. 4.4 jsou zobrazeny hlavní možné zadávané funkce pro tvorbu programu.



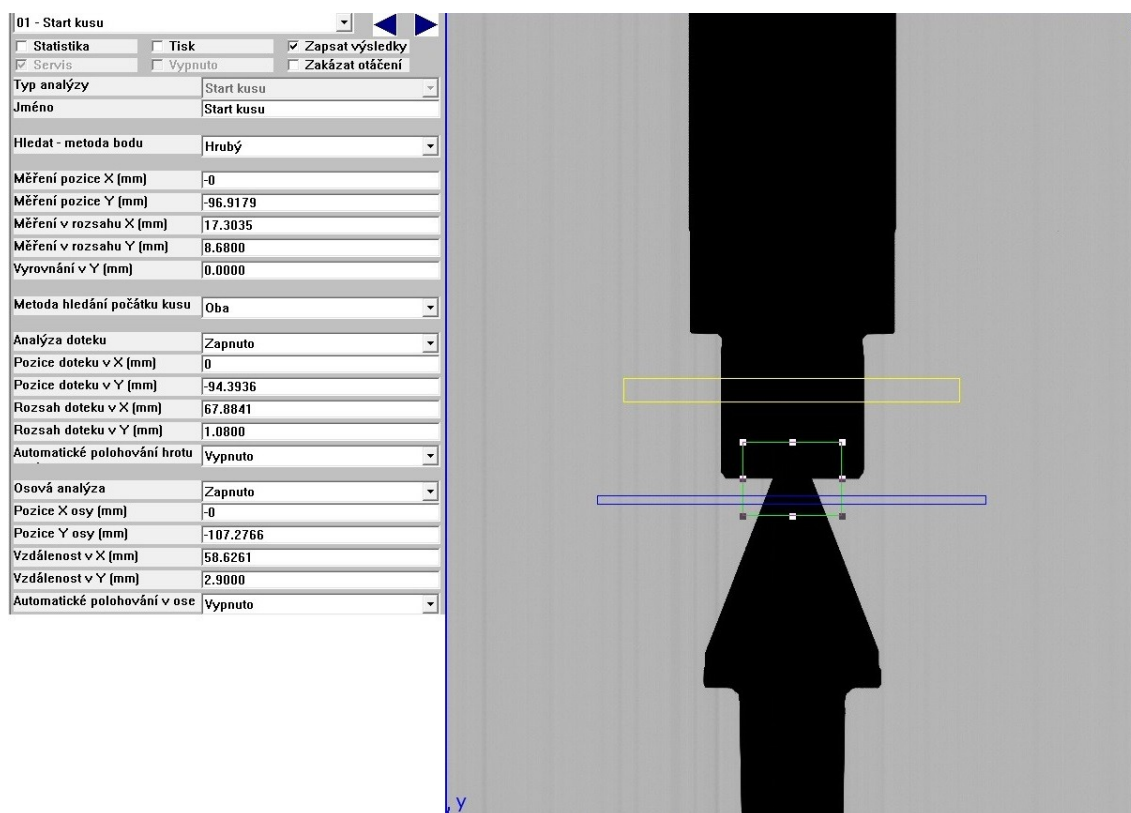
Obr. 4.4 Nástrojová lišta pro tvorbu programu[11]

Na Obr. 4.5 je zobrazeno vertikální skenování kusu. Programátor zadá celkovou délku kusu, to je 290 milimetrů v našem případě a dá povel ke skenování. Přístroj analyzuje součástku a zobrazí obraz daného představitele.



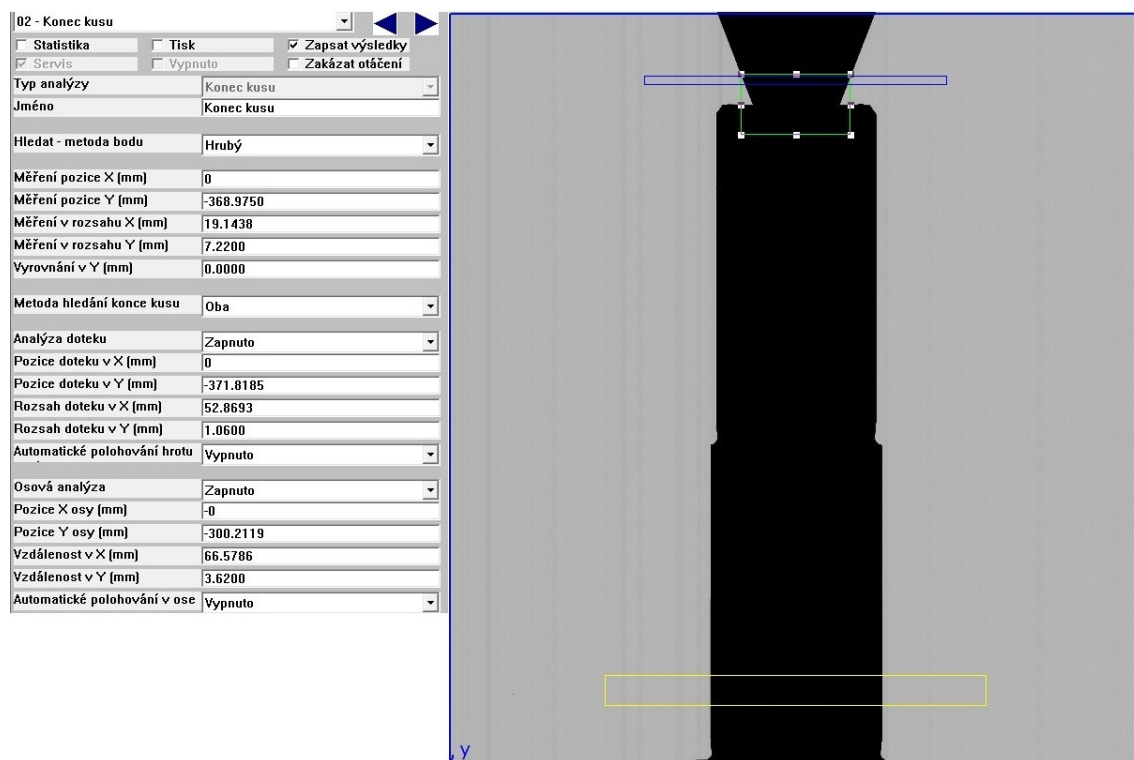
Obr. 4.5 Vertikální skenování součásti

Na Obr. 4.6 je zobrazeno zadání začátku kusu. Jedná se o rovinu začátku součásti, polohu koníku a osu součásti ve válcové části. Definují tři oblasti analýzy, vyhrazené pro výpočet určitého prvku na měřené součásti. Když je zvolen tento typ analýzy, jsou zavedeny implicitní hodnoty. Jedná se o analýzy hledání metodou bodu, analýzou doteku a osovou analýzou. Hledání metodou bodu je označeno zeleným ohledacím polem, které se umístí na čelo začátku hřídele. Analýza doteku je znázorněna modrým vyhledávacím polem a vzkládá se za čelo součásti. Osová analýza je vybrána žlutým vyhledávacím polem a je umístěna na spodní nejpřesnější rozměr, většinou ložiskový, v našem případě na průměr 25k5.



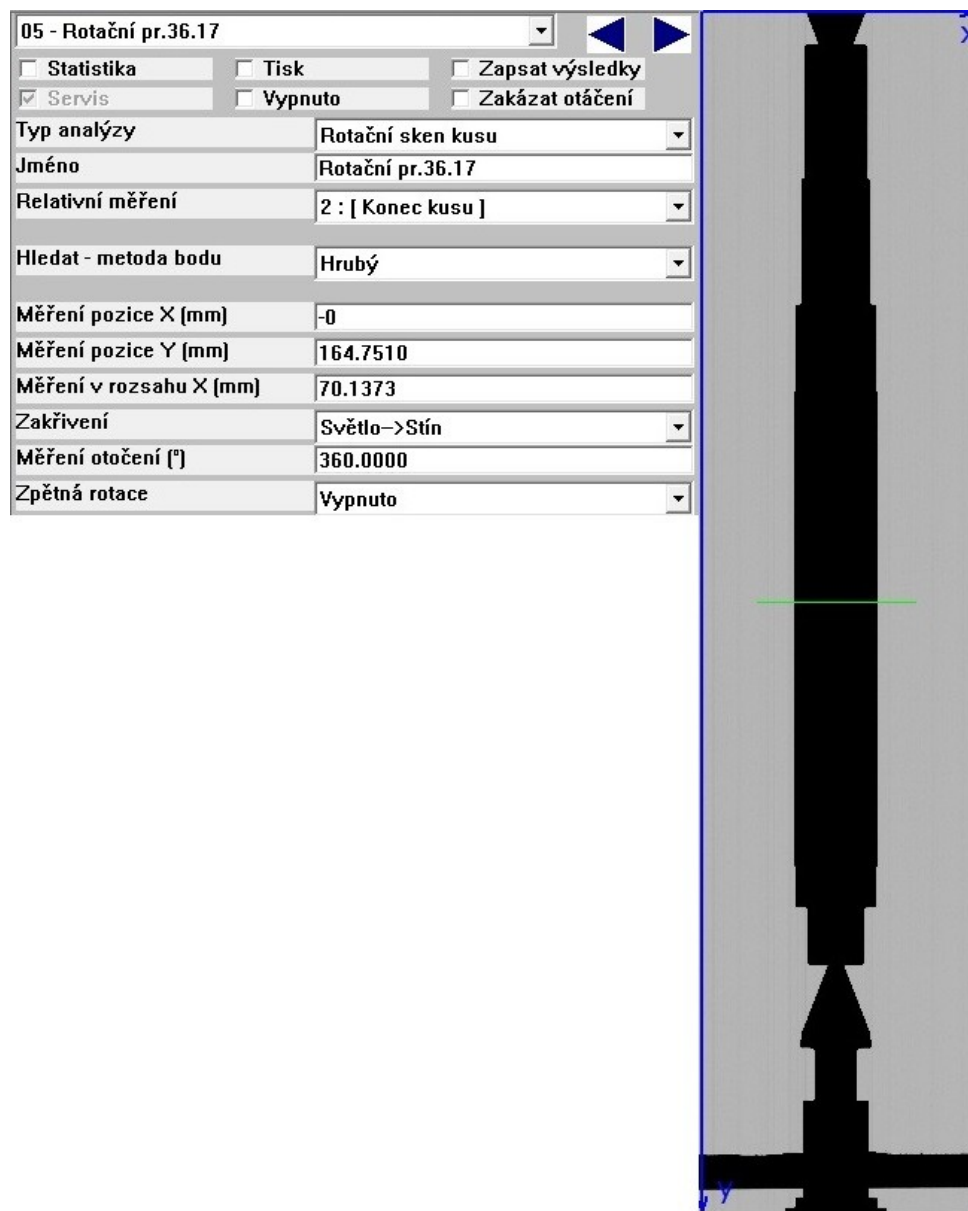
Obr. 4.6 Začátek kusu

Na Obr. 4.7 je zobrazeno zadání konce kusu. Jedná se o rovinu konce součásti, polohu koníku a osu součásti ve válcové části. Opět se definují tři oblasti analýzy, jedná se o analýzy hledání metodou bodu, analýzou doteku a osovou analýzou. Zadání vyhledávacích polí je stejné jako u začátku kusu. Osová analýza je umístěna na průměr 30k5.



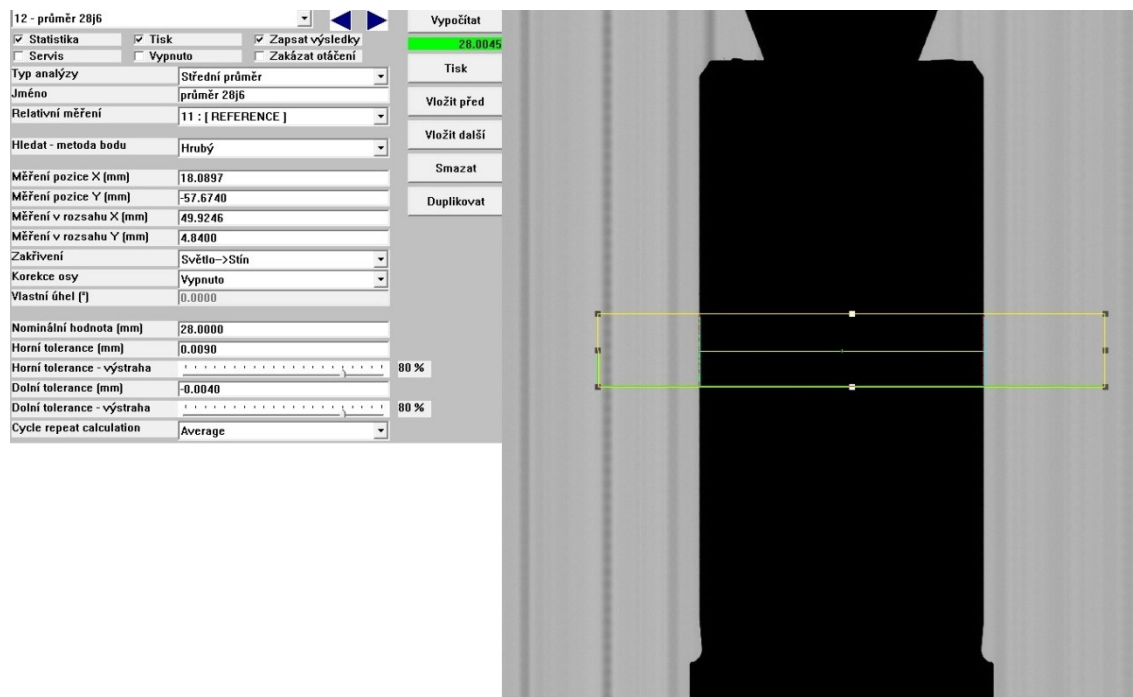
Obr. 4.7 Konec kusu

Na Obr. 4.8 je zobrazeno zadávání rotačního skenování. Jedná se o vložení přímky do míst, kde probíhá rotační skenování. Počet a místo skenování je dáno výrobním výkresem, dle kterého programátor zvolí skenovací místa na součásti, případně na upínacích hrotech. Následující obrázek ukazuje rotační skenování na průměru 36,17 milimetrů.



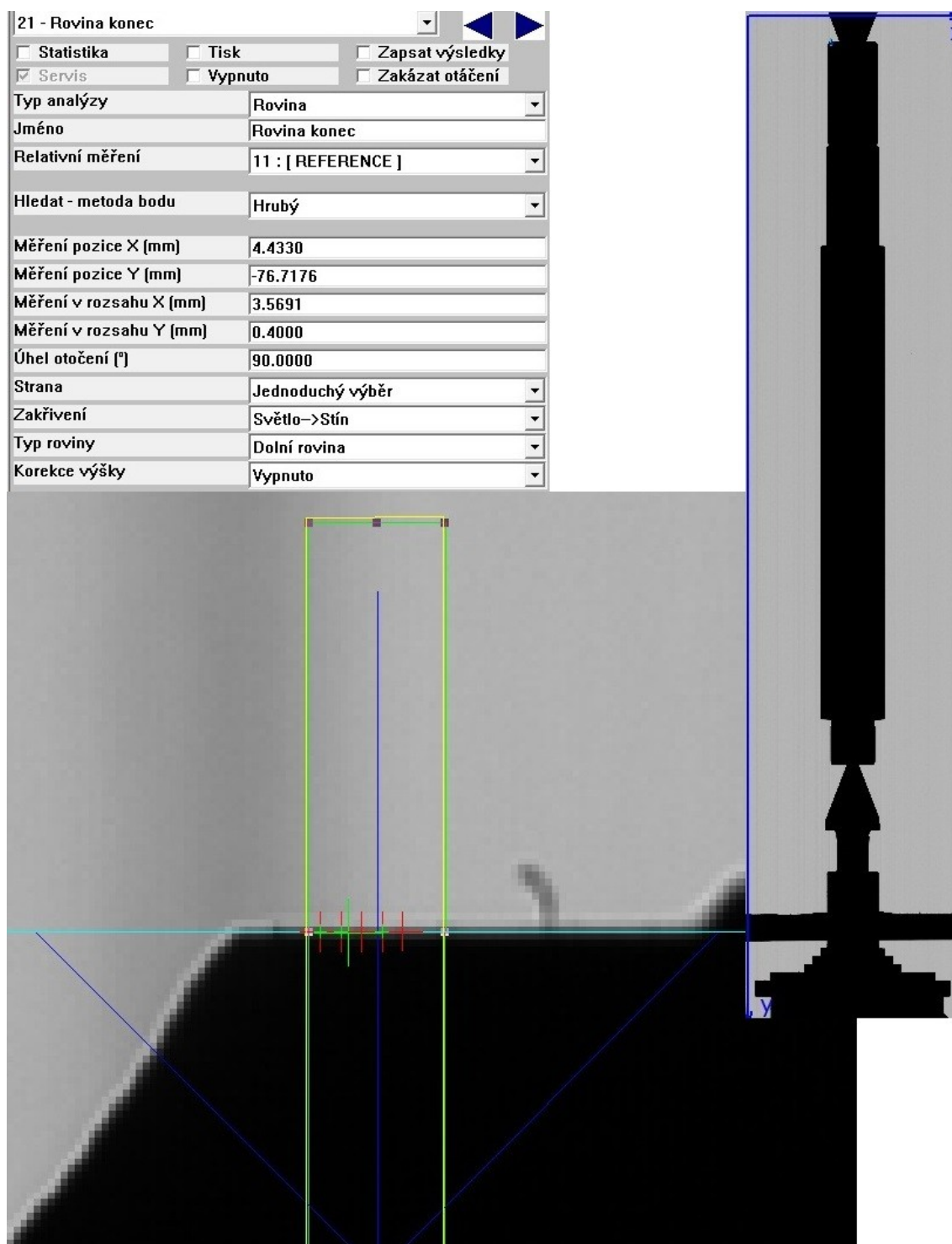
Obr. 4.8 Rotační skenování

Na Obr. 4.9 je zobrazeno zadávání měřených průměrů, konkrétně průměru 28j6. Je vytvořeno vyhledávací okno, ve kterém probíhá měření daného průměru. Tabulka obsahuje pole na zadání jmenovitého průměru, dolní a horní tolerance. Dle těchto parametrů bude vyhodnocen naskenovaný obraz vybraného představitele. Pro každý jednotlivý průměr musí být vystavena samostatná tabulka.

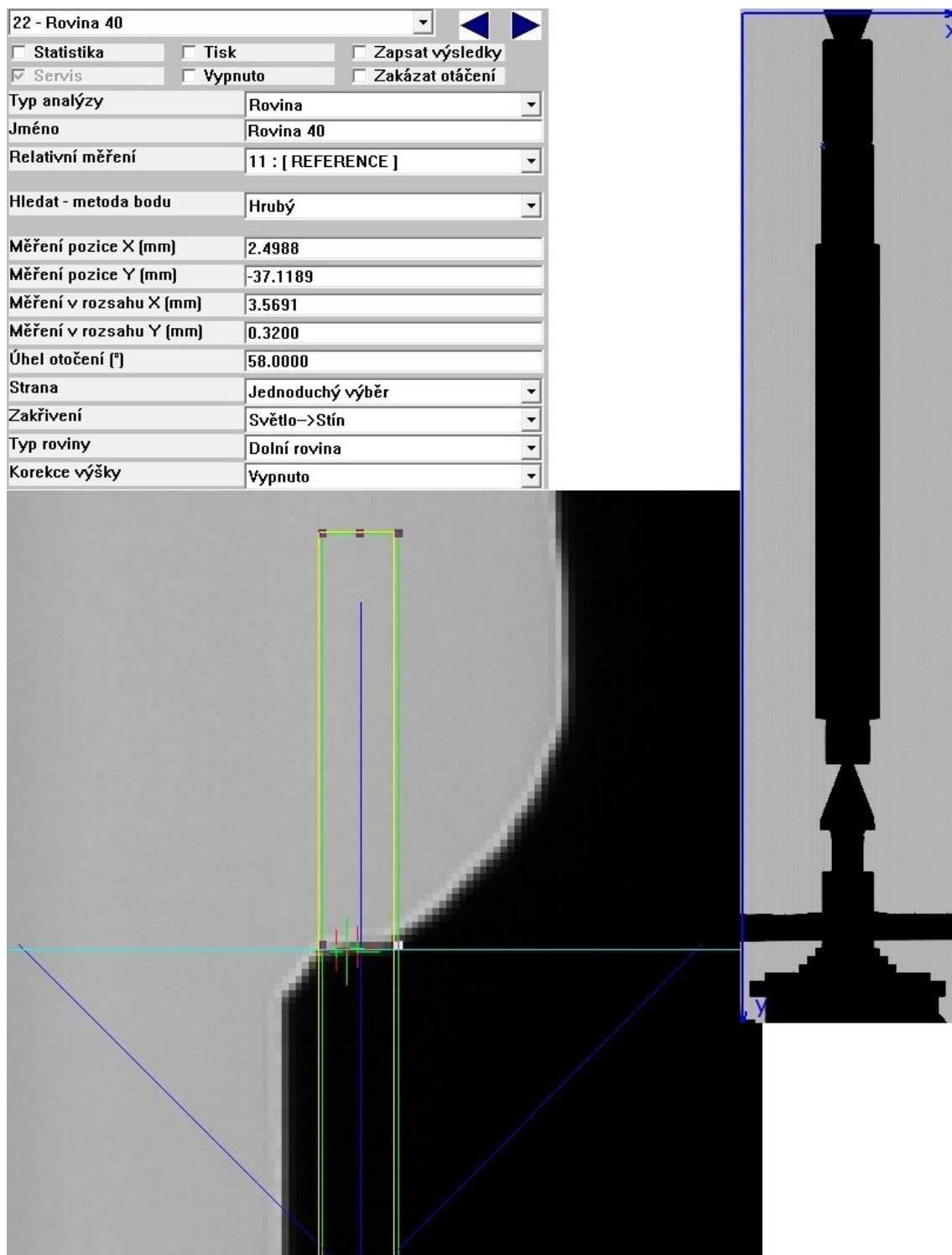


Obr. 4.9 Zadání průměru Ø28j6mm

Vyhodnocení vzdáleností je možno za předpokladu, že jsou dopředu vytvořeny roviny, které vypočítají danou pozici měřeného místa. Velikost počítaného místa se dá ovlivnit šířkou vyhledávací šipky, výpočet měřeného místa je o to přesnější. Následné vztažení dvou rovin k sobě umožní stanovení dané naprogramované vzdálenosti. Na Obr. 4.10 a Obr 4.11 je zobrazeno zadávání roviny "konec" a roviny "40". Spojením těchto dvou rovin dostaneme vyhodnocení vzdálenosti 40 milimetrů.



Obr. 4.10 Zadání roviny konec



Obr. 4.11 Zadání roviny 40

Na Obr. 4.12 je zobrazeno zadávání délkové vzdálenosti 40 milimetrů. Tabulka opět obsahuje zadání jak nominální hodnoty daného rozměru, ale i zadání horní a dolní tolerance.

23 - Vzdálenost 40

☒ Statistika

☐ Servis

☒ Tisk

☐ Vypnuto

☐ Zapsat výsledky

☐ Zakázat otáčení

Typ analýzy

Vzdálenost

Jméno

Vzdálenost 40

První reference měření

21 : [Rovina konec]

Druhá reference měření

22 : [Rovina 40]

Orientace

Vertikální

Nominální hodnota (mm)

40.0000

Horní tolerance (mm)

0.0000

Horní tolerance - výstraha

Dolní tolerance (mm)

-0.5000

Dolní tolerance - výstraha

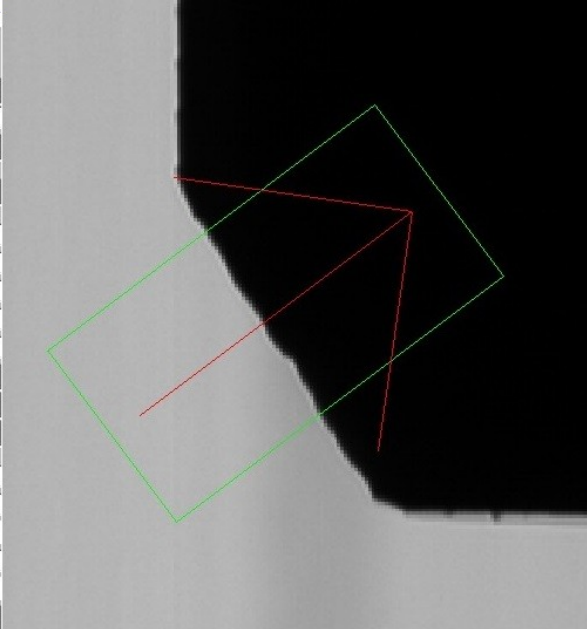
Cycle repeat calculation

Average

Obr. 4.12 Zadání vzdálenosti 40mm

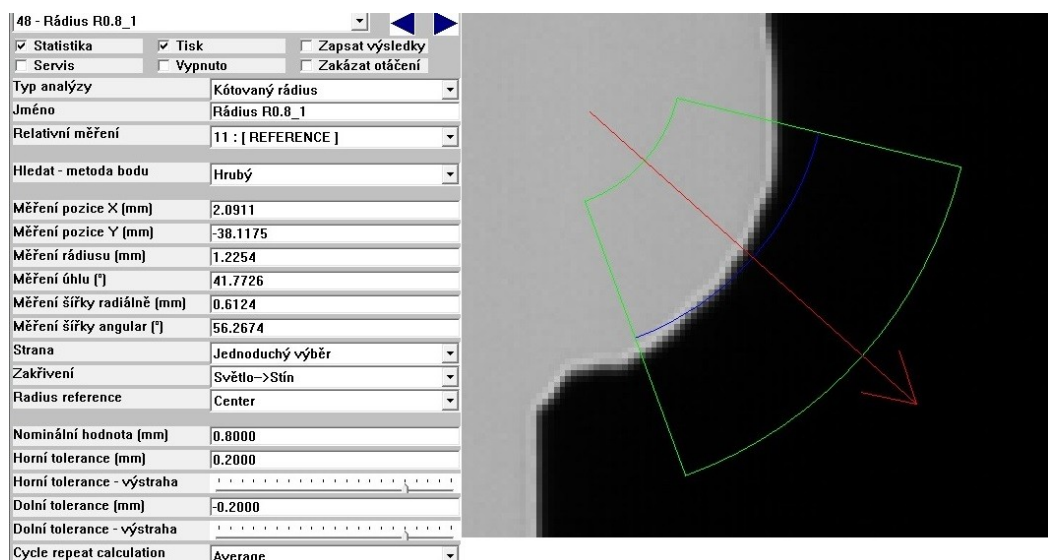
Na Obr. 4.13 je nastíněno zadávání úhlu 45° . Zadávací tabulka opět obsahuje jak nominální hodnotu daného rozměru, ale i horní a dolní toleranci.

54 - Úhel 2x45	
<input checked="" type="checkbox"/> Statistika	<input checked="" type="checkbox"/> Tisk
<input type="checkbox"/> Servis	<input type="checkbox"/> Vypnuto
<input type="checkbox"/> Zapsat výsledky	<input type="checkbox"/> Zakázat otáčení
Typ analýzy	Úhel
Jméno	Úhel 2x45
Relativní měření	11 : [REFERENCE]
Hledat - metoda bodu	Hrubý
Měření pozice X (mm)	0.1079
Měření pozice Y (mm)	176.9945
Měření v rozsahu X (mm)	3.5691
Měření v rozsahu Y (mm)	1.2607
Úhel otočení (°)	-36.8699
Strana	Jednoduchý výběr
Zakřivení	Světlo→Stín
Reference	Vertikální
Nominální hodnota [° ' '']	45°0'0"
Horní tolerance [° ' '']	1°0'0"
Horní tolerance - výstraha	
Dolní tolerance [° ' '']	-1°0'0"
Dolní tolerance - výstraha	
Cycle repeat calculation	Average



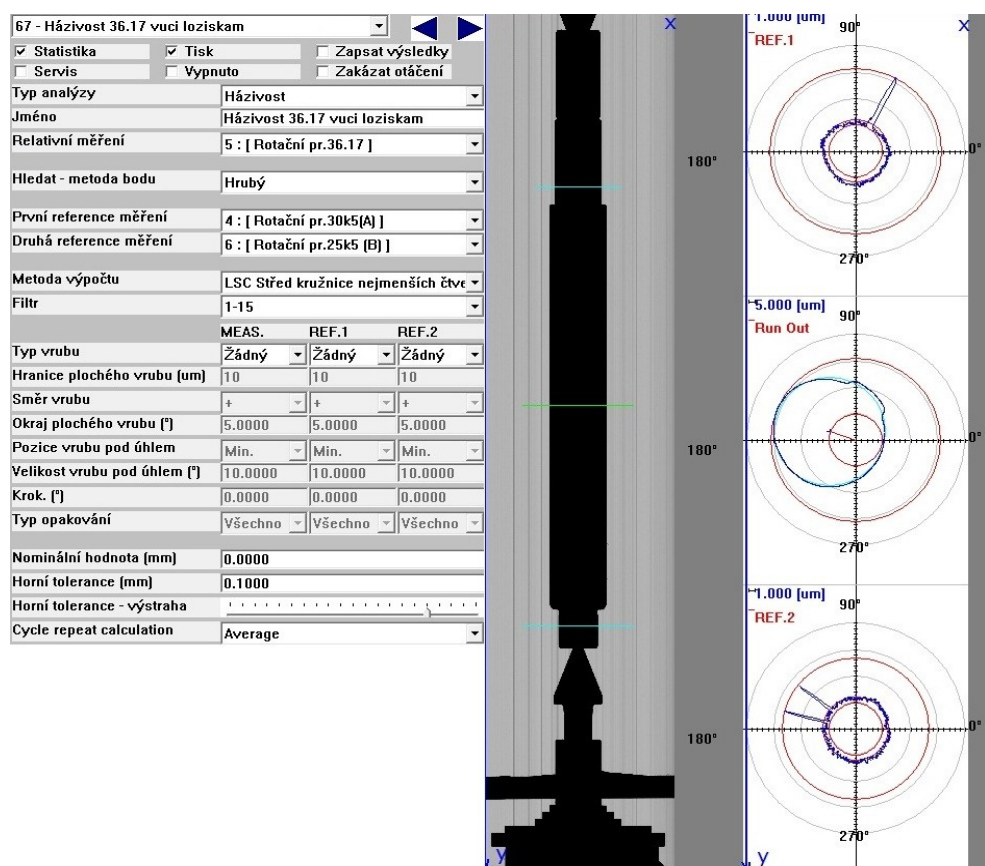
Obr. 4.13 Zadávání úhlu 45°

Na Obr. 4.14 je vysvětleno programování rádiusu R 0,8 milimetrů. Tabulku opět vyplníme nominální hodnotu daného rozměru, horní a dolní toleranci.



Obr. 4.14 Zadání rádusu R0,8mm

Na Obr. 4.15 je zachycen snímek programování házení 0,1 mm na rotorové části vztažené k pozicím AB, tedy ložiskovým průměrům. Nominální hodnota zůstává rovna 0,00 mm, pouze se volí horní hodnota tolerance. Program dokáže vytvořit i grafické vyhodnocení polárního diagramu. Výsledkem je rozdíl mezi průměrem opsané a vepsané kružnice v předem definovaném profilu



Obr. 4.15 Házení k ložiskovým průměrům

Optický přístroj MTL 850 X-Stream dokáže měřit mnohem víc než pár vybraných položek z měřicího programu na daného představitele. Jedná se především o vyhodnocování dalších geometrických tolerování a měření vnějších závitů. Protože se tyto parametry na daném představiteli nevyskytují, nejsou dále vysvětleny.

4.4 Doporučovaná pravidla programování

1. po každém svislém skenování zadejte reference začátek kusu a konec kusu,
2. má-li kus asymetrie, kvůli kterým musí být orientován, aby mohl být měřen, zadejte rotační skenování,
3. jako úroveň, kde existuje asymetrie; poté vytvořte rozměr "polohování", s uvažováním,
4. po polohování vždy zadejte nové svislé skenování a po něm nezapomeňte zadat rozměry začátku a konce kusu, jak je uvedeno v bodě 1,
5. nejlepší poloha je minimum a maximum vlevo, kde můžete zrakem ověřovat, zda je kus polohován,
6. relativní rozměr by měl být co možná nejbližší místu, kam chce uživatel umístit nástroj,
7. nejlepší relativní rozměr pro získání dobré symetrie i u zrcadlového nástroje je střední průměr
8. nejlepší relativní rozměr pro nástroj Radius je minimální průměr nebo jakékoli jiná reference zadaná velmi blízko analyzované oblasti,
9. nástroje se šipkou polohujte co možná nejkolměji povrchu, který má být analyzován,
10. kde je to možné, vždy zadávejte "double Side", abyste analyzovaly oba profily (levý i pravý),
11. jestliže uživatel zvolí výpočet ve vztahu k ose stroje, musí být umožněna bodová analýza pro začátek a konec kusu,
12. u délkových měření nikdy nezadávejte jako referenční bod začátek kusu a konec kusu,
13. při měření plochy vždy nastavujte vstupní modrou šipku do černého zobrazení kusu a NIKDY nezapomeňte zadat typ plochy.

5 Praktické ověření stávající metody a metody nově navržené

V následujících podkapitolách budou zpracovány výsledky měření, vyhodnocení nejistot měření a porovnány výsledky nově navržené metody se stávajícím způsobem kontroly.

5.1 Praktické ověření staré metody měření

Následující tabulka Tab. 5.1 obsahuje naměřené hodnoty stávající metodou kontroly. Výsledky se budou dále zpracovávat pro vyhodnocení rozšířené nejistoty měření.

Tab. 5.1 Hodnoty měření starou metodou

Pozice	Rozměry	Číslo měření / Naměřené hodnoty [mm], Drsnost Ra [μm]									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Průměr 28j6	28,001	27,998	27,999	28,002	27,998	28,001	27,999	28,000	28,002	28,001
2	Průměr 30e7	29,947	29,945	29,944	29,956	29,946	29,944	29,946	29,946	29,945	29,945
3	Průměr 30k5	30,006	30,004	30,006	30,008	30,006	30,006	30,008	30,006	30,006	30,004
4	Průměr 36c11_H	35,816	35,815	35,817	35,816	35,814	35,809	35,814	35,813	35,814	35,807
5	Průměr 36,17	36,169	36,168	36,170	36,169	36,168	36,167	36,169	36,169	36,168	36,167
6	Průměr 36,17 d	36,167	36,169	36,168	36,168	36,167	36,168	36,167	36,169	36,167	36,168
7	Průměr 36c11_D	35,800	35,796	35,798	35,797	35,797	35,799	35,801	35,797	35,799	35,798
8	Průměr 25k5	25,004	25,008	25,006	25,004	25,008	25,004	25,006	25,006	25,004	25,006
9	Vzdálenost 40	39,778	39,710	39,737	39,801	39,791	39,744	39,796	39,802	39,803	39,799
10	Vzdálenost 37	37,068	37,061	37,056	37,053	37,053	37,049	37,052	37,065	37,066	37,058
11	Vzdálenost 19	18,960	18,919	18,841	18,753	18,832	18,901	18,867	18,891	18,795	18,836
12	Vzdálenost 26	25,931	25,949	25,943	25,927	25,932	25,929	25,940	25,981	25,990	25,987
13	Vzdálenost 178	178,085	178,087	178,075	178,097	178,094	178,088	178,082	178,090	178,094	178,087
14	Vzdálenost 272	271,983	271,957	271,986	271,989	271,903	271,977	271,924	272,045	271,987	272,012
15	Vzdálenost 12	12,131	12,188	12,157	12,163	12,172	12,145	12,139	12,153	12,147	12,151
16	Vzdálenost 140	140,017	139,926	139,953	139,985	139,972	140,006	139,983	139,995	140,005	139,997
17	Vzdálenost 17	16,872	16,849	16,885	16,823	16,888	16,876	16,934	16,850	16,927	16,962
40	Házení 36,17 AB	0,050	0,060	0,050	0,050	0,060	0,050	0,060	0,060	0,050	0,060
41	Házení 36,17 hroty	0,060	0,050	0,040	0,050	0,060	0,050	0,050	0,060	0,050	0,050
42	Ra 16_1	7,856	7,869	7,854	7,862	7,859	7,849	7,857	7,853	7,869	7,861
43	Ra 2,5 - Ø28j6	0,966	0,957	0,955	0,964	0,959	0,960	0,958	0,971	0,957	0,956
44	Ra 1,6 - Ø30e7	0,960	0,961	0,981	0,975	0,980	0,974	0,968	0,972	0,983	0,979
45	Ra 1,6 - Ø30k5	0,312	0,318	0,330	0,328	0,321	0,319	0,335	0,329	0,320	0,325
46	Ra 6,3 - Ø36c11_H	2,376	2,390	2,387	2,379	2,382	2,385	2,371	2,369	2,388	2,391
47	Ra 4 - Ø36,17	2,384	2,364	2,371	2,381	2,379	2,366	2,365	2,336	2,385	2,376
48	Ra 4 - Ø36c11_D	2,373	2,342	2,386	2,358	2,346	2,379	2,359	2,363	2,361	2,380

Pozice	Rozměry	Číslo měření / Naměřené hodnoty [mm], Drsnost Ra [μm]									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
49	Ra 1,6 - Ø25k5	0,743	0,700	0,719	0,726	0,739	0,759	0,725	0,746	0,728	0,751
50	Ra 16_2	7,889	7,865	7,875	7,869	7,842	7,863	7,878	7,851	7,870	7,886

5.2 Praktické ověření nové metody měření

Následující tabulka Tab. 5.2 obsahuje naměřené hodnoty nové metody. Výsledky se budou dále zpracovávat pro vyhodnocení rozšířené nejistoty měření.

Tab. 5.2 Hodnoty měření novou metodou

Pozice	Rozměry	Číslo měření / Naměřené hodnoty [mm]									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Průměr 28j6	28,0005	28,0011	28,0011	28,0010	28,0008	28,0009	28,0004	28,0009	28,0009	28,0005
2	Průměr 30e7	29,9478	29,9476	29,9477	29,9480	29,9469	29,9476	29,9475	29,9483	29,9474	29,9475
3	Průměr 30k5	30,0085	30,0081	30,3394	30,0095	30,0078	30,0087	30,0085	30,0090	30,0081	30,0083
4	Průměr 36c11_H	35,8026	35,8029	35,8030	35,8027	35,8030	35,8029	35,8039	35,8037	35,8029	35,8036
5	Průměr 36,17	36,1598	36,1638	36,1600	36,1604	36,1606	36,1615	36,1610	36,1662	36,1608	36,1629
6	Průměr 36,17 d	36,1616	36,1611	36,1618	36,1606	36,1600	36,1619	36,1610	36,1630	36,1602	36,1609
7	Průměr 36c11_D	35,7816	35,7899	35,7905	35,7932	35,7892	35,7906	35,7906	35,7897	35,7892	35,7910
8	Průměr 25k5	25,0055	25,0063	25,0066	25,0059	25,0069	25,0064	25,0056	25,0066	25,0067	25,0057
9	Vzdálenost 40	39,8136	39,8054	39,8099	39,8117	39,8109	39,8093	39,8111	39,8142	39,8108	39,8125
10	Vzdálenost 37	37,0716	37,0739	37,0955	37,0797	37,0701	37,0942	37,0848	37,0898	37,0802	37,0859
11	Vzdálenost 19	19,0348	19,0244	19,0396	19,0265	19,0038	19,0420	19,0300	19,0400	19,0243	19,0344
12	Vzdálenost 26	25,9476	25,9580	25,9427	25,9559	25,9586	25,9404	25,9524	25,9424	25,9582	25,9481
13	Vzdálenost 178	178,089	178,082	178,009	178,041	178,097	178,016	178,021	178,018	178,024	178,020
14	Vzdálenost 272	272,010	272,015	272,006	272,006	272,020	272,005	272,010	272,007	272,012	272,015
15	Vzdálenost 12	11,9131	11,9214	11,8382	11,8565	11,8900	11,8475	11,8405	11,8476	11,8378	11,8436
16	Vzdálenost 140	140,228	140,228	140,228	140,228	140,248	140,228	140,228	140,228	140,228	140,229
17	Vzdálenost 17	17,0364	17,0284	17,0918	17,0739	17,0420	17,0852	17,0929	17,0849	17,0965	17,0963
18	Vzdálenost 2,5_1	2,5429	2,4100	2,4694	2,5566	2,4036	2,4928	2,5219	2,5115	2,4255	2,5523
19	Vzdálenost 2,5_2	2,5357	2,5138	2,4974	2,5455	2,4344	2,5047	2,5315	2,4837	2,4158	2,5048
20	Vzdálenost 2,5_3	2,4885	2,4319	2,4990	2,5098	2,4210	2,4387	2,5701	2,5277	2,5645	2,5874
21	Vzdálenost 0,2_1	0,2263	0,2108	0,2169	0,2291	0,2101	0,2176	0,2224	0,2243	0,2104	0,2240
22	Vzdálenost 0,2_2	0,2384	0,2238	0,2276	0,2436	0,2151	0,2394	0,2279	0,2226	0,2134	0,2266
23	Vzdálenost 0,2_3	0,1992	0,1962	0,1954	0,2025	0,1948	0,1977	0,2196	0,2096	0,2069	0,2043
24	Rádus R0,8_1	0,9086	0,8524	0,8817	0,9015	0,8549	0,8950	0,9140	0,8940	0,9003	0,9061
25	Rádus R0,8_2	0,6955	0,6642	0,6789	0,6762	0,6402	0,6862	0,6919	0,6883	0,6889	0,6972
26	Rádus R0,8_3	0,9737	0,6316	0,6027	0,8888	0,8342	0,9251	0,9778	0,8085	0,9704	0,8550
27	Úhel 7°_1	7,9519	7,9775	7,2983	7,4947	7,5447	7,5386	7,4325	7,4808	7,5033	7,3558
28	Úhel 7°_2	6,7092	7,8997	7,5972	7,9414	7,4122	7,4981	7,2508	7,8936	7,1972	7,1758
29	Úhel 7°_3	6,5450	6,1756	6,0872	6,2694	6,3575	6,7500	6,4494	6,5239	6,7428	6,4806
30	Vzdálenost 2x45°	1,8485	1,9234	1,9302	1,8234	1,9366	2,1833	2,0662	2,0857	2,0761	20,0832

Pozice	Rozměry	Číslo měření / Naměřené hodnoty [mm]									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
31	Úhel 2x45°	44,4214	44,5008	44,7425	45,0222	44,6161	44,3281	45,0739	44,7836	45,2775	44,9997
32	Vzdálenost 1x45°_1	0,8337	0,8690	0,8915	0,8429	0,8672	0,9170	0,8357	0,9275	0,8429	0,8379
33	Úhel 1x45°_1	44,8150	44,9592	44,1903	44,0208	44,1478	44,3222	45,0564	44,2283	45,6842	45,7939
34	Vzdálenost 1x45°_2	1,0379	1,0249	1,0402	1,0389	1,0232	1,0345	1,0396	1,0442	1,0273	1,0469
35	Úhel 1x45°_2	44,3303	44,1656	45,6981	44,1286	44,1478	45,9792	44,1983	45,9733	44,0611	44,4394
36	Vzdálenost 0,2x45°_1	0,1531	0,1295	0,1590	0,1542	0,1222	0,1753	0,1519	0,1547	0,1448	0,1559
37	Úhel 0,2x45°_1	45,3981	45,3164	45,8000	44,2106	45,5256	44,4650	45,2708	44,3533	45,9903	45,7592
38	Vzdálenost 0,2x45°_2	0,3732	0,3398	0,3082	0,3290	0,3398	0,3052	0,3252	0,3056	0,3290	0,3276
39	Úhel 0,2x45°_2	45,1206	44,1181	44,4542	44,1206	44,4583	44,4336	45,4586	45,1272	44,1181	45,4569
40	Házení 36,17 AB	0,0470	0,0426	0,0693	0,0497	0,0509	0,0689	0,0410	0,0680	0,0428	0,0428
41	Házení 36,17 hroty	0,0513	0,0499	0,0509	0,0517	0,0515	0,0520	0,0509	0,0508	0,0466	0,0509

5.3 Vyhodnocení naměřených hodnot, chyby a nejistoty měření

Naměřené hodnoty budou zpracovány pro zjištění chyb měření.

Následující tabulka Tab. 5.3 vyjadřuje vyhodnocení hodnot obou metod měření.

Tab. 5.3 Výběrový průměr, výběrová směrodatná odchylka, standardní nejistota typu A

Pozice	Rozměry	Stará metoda kontroly			Nová metoda kontroly		
		\bar{x} [mm]	$s(x)$ [μm]	u_A [μm]	\bar{x}_{VICI} [mm]	$s(x)_{\text{VICI}}$ [μm]	u_{A_VICI} [μm]
1	Průměr 28j6	28,000	1,5239	0,4819	28,0008	2,5582	0,0809
2	Průměr 30e7	29,946	3,5024	1,1075	29,9476	3,7133	0,1174
3	Průměr 30k5	30,006	1,3333	0,4216	30,0086	5,6460	0,1785
4	Průměr 36c11_H	35,814	3,1710	1,0028	35,8031	4,4672	0,1413
5	Průměr 36,17	36,168	0,9661	0,3055	36,1617	20,2320	0,6398
6	Průměr 36,17 d	36,168	0,7888	0,2494	36,1612	8,9374	0,2826
7	Průměr 36c11_D	35,798	1,5492	0,4899	35,7896	30,2076	0,9552
8	Průměr 25k5	25,006	1,5776	0,4989	25,0062	5,0509	0,1597
9	Vzdálenost 40	39,776	33,4812	10,5877	39,8109	24,7710	0,7833
10	Vzdálenost 37	37,058	6,6072	2,0894	37,0826	90,4090	2,8590
11	Vzdálenost 19	18,86	61,0687	19,3116	19,0334	66,9212	2,1162
12	Vzdálenost 26	25,951	25,2254	7,9770	25,9504	71,2196	2,2522
13	Vzdálenost 178	178,088	6,4369	2,0355	178,0417	340,3283	10,7621
14	Vzdálenost 272	271,976	40,6750	12,8626	272,0106	49,0351	1,5506
15	Vzdálenost 12	12,155	16,5341	5,2286	11,8636	321,4218	10,1642
16	Vzdálenost 140	139,984	27,4366	8,6762	140,2301	62,9727	1,9914
17	Vzdálenost 17	16,887	43,0664	13,6188	17,0728	267,1928	8,4494

Pozice	Rozměry	Stará metoda kontroly			Nová metoda kontroly		
		\bar{x} [mm]	s(x) [μm]	u _A [μm]	\bar{x} _VICI [mm]	s(x)_VICI [μm]	u _A _VICI [μm]
18	Vzdálenost 2,5_1	-	-	-	2,4887	587,2185	18,5695
19	Vzdálenost 2,5_2	-	-	-	2,4967	423,3606	13,3878
20	Vzdálenost 2,5_3	-	-	-	2,5039	598,1165	18,9141
21	Vzdálenost 0,2_1	-	-	-	0,2192	70,4248	2,2270
22	Vzdálenost 0,2_2	-	-	-	0,2278	100,5388	3,1793
23	Vzdálenost 0,2_3	-	-	-	0,2026	78,0738	2,4689
24	Rádus R0,8_1	-	-	-	0,8909	215,1987	6,8052
25	Rádus R0,8_2	-	-	-	0,6808	173,4597	5,4853
26	Rádus R0,8_3	-	-	-	0,8468	1350,0008	42,6908
27	Úhel 7°_1	-	-	-	7,5578	2282,1044	72,1665
28	Úhel 7°_2	-	-	-	7,4575	3934,0585	124,4059
29	Úhel 7°_3	-	-	-	6,4381	2205,5851	69,7467
30	Vzdálenost 2x45°	-	-	-	3,7957	57240,0588	1810,0896
31	Úhel 2x45°	-	-	-	44,7766	3126,5498	98,8702
32	Vzdálenost 1x45°_1	-	-	-	0,8665	347,3605	10,9845
33	Úhel 1x45°_1	-	-	-	44,7218	6462,7535	204,3702
34	Vzdálenost 1x45°_2	-	-	-	1,0358	81,1777	2,5671
35	Úhel 1x45°_2	-	-	-	44,7122	8187,9162	258,9246
36	Vzdálenost 0,2x45°_1	-	-	-	0,1501	150,1460	4,7480
37	Úhel 0,2x45°_1	-	-	-	45,2089	6408,5509	202,6562
38	Vzdálenost 0,2x45°_2	-	-	-	0,3283	203,9740	6,4502
39	Úhel 0,2x45°_2	-	-	-	44,6866	5486,2690	173,4911
40	Házení 36,17 AB	0,055	5,2705	1,6667	0,0523	117,8577	3,7270
41	Házení 36,17 hroty	0,052	6,3246	2,0000	0,0507	15,3641	0,4859
42	Ra 16_1	7,859	6,5566	2,0734	-	-	-
43	Ra 2,5 - Ø28j6	0,960	5,1218	1,6197	-	-	-
44	Ra 1,6 - Ø30e7	0,973	8,1110	2,5649	-	-	-
45	Ra 1,6 - Ø30k5	0,324	6,8969	2,1810	-	-	-
46	Ra 6,3 - Ø36c11_H	2,382	7,8145	2,4712	-	-	-
47	Ra 4 - Ø36,17	2,371	14,5107	4,5887	-	-	-
48	Ra 4 - Ø36c11_D	2,365	14,6063	4,6189	-	-	-
49	Ra 1,6 - Ø25k5	0,734	17,3986	5,5019	-	-	-
50	Ra 16_2	7,869	14,5739	4,6087	-	-	-

Pozn.: \bar{x} - výběrový (aritmetický) průměr [mm],
s(x) - výběrová směrodatná odchylka [μm],
u_A - standardní nejistota typu A [μm].

Např. vypočtené hodnoty pro průměr 28j6mm starou metodou kontroly:

1. Výběrový průměr:

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \\ &= \frac{28,001 + 27,998 + 27,999 + 28,002 + 27,998 + 28,001 + 27,999 + 28,0 + 28,002 + 28,001}{10} = \\ &= \underline{28,0001\text{mm}}\end{aligned}$$

2. Výběrová směrodatná odchylka:

$$\begin{aligned}s(x) &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} = \\ &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (28,001 - 28,0001)^2 + \dots + (28,002 - 28,0001)^2 + (28,001 - 28,0001)^2}{(10-1)}} = \\ &= \underline{1,5239\mu\text{m}}\end{aligned}$$

3. Standardní nejistota typu A:

$$u_A = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} k_a = \frac{1,5239}{\sqrt{10}} 1 = \underline{0,4819\mu\text{m}}$$

Kde:

n - počet naměřených hodnot,

ka - koeficient rozšíření pro pravděpodobnost p = ~ 68,3% (pro 10 měření ka = 1).

Kontrolované parametry jsou však zahrnuty i standardní nejistotou typu B.

Zdroje nejistot pro pasometr a třmenový digitální mikrometr:

1. Nejistota způsobená dovolenou odchylkou měřidla

Dle kalibračních listů je dovolená chyba $z_1 = 4\mu\text{m}$ - rovnoměrné pravděpodobnostní rozdělení

$$u_{B1} = \frac{z_1}{\sqrt{3}} \cdot c_1 = \frac{4}{\sqrt{3}} \cdot 1 = \underline{2,3094\mu\text{m}}$$

2. Nejistota způsobená teplotním rozdílem mezi součásti a měřidlem

Odhad $\delta_T = \pm 0,5^\circ\text{C}$ - rovnoměrné pravděpodobnostní rozdělení

$$u_{B2} = \frac{\delta_T}{\sqrt{3}} \cdot \alpha \cdot L = \frac{0,5}{\sqrt{3}} \cdot 11,5 \cdot 0,004 = \underline{0,0133\mu\text{m}}$$

3. Nejistota způsobená vlivem odchylky teploty okolí při kalibraci od 20°C

Odhad $\delta_{T20} = \pm 1^\circ\text{C}$ - rovnoměrné pravděpodobnostní rozdělení

$$u_{B3} = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2)}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\delta_{T20}}{\sqrt{3}} \cdot L = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot 0,004 = \underline{0,0027\mu\text{m}}$$

4. Výsledná standardní nejistota typu B

$$u_B^2 = u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2$$

$$u_B = \sqrt{u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2} = \sqrt{2,3094^2 + 0,0133^2 + 0,0027^2} = \underline{2,309\mu\text{m}}$$

5. Kombinovaná standardní nejistota

Následující výpočet kombinované standardní nejistoty je příkladem výpočtu, vypočítaná nejistota je pro průměr Ø28j6mm kontrolovanou starou, stávající metodou.

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{0,4819^2 + 2,309^2} = \underline{2,359\mu\text{m}}$$

6. Rozšířená nejistota měření pro pravděpodobnost ~ 95%

$$U = u_C \cdot k = 2,359 \cdot 2 = \underline{4,718\mu\text{m}}$$

Zdroje nejistot pro výškoměr je dán přímo výrobcem, je uveden v kalibračních listech: Počítaná nejistota je příkladem výpočtu pro délkovou vzdálenost 40mm, měřenou starou metodou. Hodnota "L" je do výpočtu dosazována v metrech.

1. Výsledná standardní nejistota typu B

$$u_B = (3 + 5L) = (3 + 5 \cdot 0,04) = \underline{3,2\mu\text{m}}$$

2. Kombinovaná standardní nejistota

Následující výpočet kombinované standardní nejistoty je příkladem výpočtu, vypočítaná nejistota je pro průměr 40mm kontrolovanou starou, stávající metodou.

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{10,5788^2 + 3,2^2} = \underline{11,061\mu\text{m}}$$

3. Rozšířená nejistota měření pro pravděpodobnost ~ 95%

$$U = u_C \cdot k = 11,052 \cdot 2 = \underline{22,121\mu\text{m}}$$

Zdroje nejistot pro měřicí přístroj MTL 850 X-Stream je dán výrobcem. Počítaná standardní nejistota je příkladem výpočtu pro průměr Ø28j6mm a délkovou vzdálenost 40mm. Dosazované hodnoty ''D'' a ''L'' jsou v milimetrech.

Průměrové výpočty:

1. Výsledná standardní nejistota typu B

$$u_B = \frac{2 + D}{100} = \frac{2 + 28}{100} = \underline{0,3\mu\text{m}}$$

2. Kombinovaná standardní nejistota

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{0,0809^2 + 0,3^2} = \underline{0,3107\mu\text{m}}$$

3. Rozšířená nejistota měření pro pravděpodobnost ~ 95%

$$U = u_C \cdot k = 0,3107 \cdot 2 = \underline{0,6214\mu\text{m}}$$

Délkové výpočty:

1. Výsledná standardní nejistota typu B

$$u_B = \frac{5 + L}{100} = \frac{5 + 40}{100} = \underline{0,45\mu\text{m}}$$

2. Kombinovaná standardní nejistota

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{0,7833^2 + 0,45^2} = \underline{0,9034\mu\text{m}}$$

3. Rozšířená nejistota měření pro pravděpodobnost ~ 95%

$$U = u_C \cdot k = 0,904 \cdot 2 = \underline{1,8068\mu\text{m}}$$

Následující tabulka udává výsledky měření průměrových a délkových parametrů vyrobených na vybraném představiteli s vyhodnocením výsledné standardní nejistoty typu B, kombinovanou standardní nejistotou a rozšířenou nejistotou měření pro pravděpodobnost ~ 95%.

Tab. 5.4 Standardní nejistota typu B, kombinovaná střední nejistota, rozšířená nejistota měření a výsledek měření daného rozměru

Pozice	Rozměry	Stará metoda kontroly				Nová metoda kontroly			
		u_B [μm]	u_C [μm]	U [μm]	Δ [mm]	u_B [μm]	u_C [μm]	U [μm]	Δ [mm]
1	Průměr 28j6	2,309	2,359	4,718	28,000±0,0047	0,3000	0,3107	0,6214	28,0008±0,0006
2	Průměr 30e7	2,309	2,561	5,122	29,946±0,0051	0,3200	0,3409	0,6817	29,9476±0,0007
3	Průměr 30k5	2,309	2,347	4,694	30,006±0,0047	0,3200	0,3664	0,7329	30,0086±0,0007
4	Průměr 36c11_H	2,309	2,517	5,035	35,814±0,005	0,3800	0,4054	0,8108	35,8031±0,0008
5	Průměr 36,17	2,309	2,329	4,658	36,168±0,0046	0,3817	0,7450	1,4900	36,1617±0,0015
6	Průměr 36,17 d	2,309	2,322	4,645	36,168±0,0046	0,3817	0,4749	0,9499	36,1612±0,0009
7	Průměr 36c11_D	2,309	2,360	4,721	35,798±0,0047	0,3800	1,0281	2,0561	35,7896±0,0021
8	Průměr 25k5	2,309	2,362	4,725	25,006±0,0047	0,2700	0,3137	0,6274	25,0062±0,0006
9	Vzdálenost 40	3,200	11,061	22,121	39,776±0,0221	0,4500	0,9034	1,8068	39,8109±0,0018
10	Vzdálenost 37	3,185	3,809	7,618	37,058±0,0076	0,4200	2,8897	5,7793	37,0826±0,0058
11	Vzdálenost 19	3,095	19,558	39,116	18,86±0,0391	0,2400	2,1298	4,2596	19,0334±0,0043
12	Vzdálenost 26	3,130	8,569	17,138	25,951±0,0171	0,3100	2,2734	4,5468	25,9504±0,0045
13	Vzdálenost 178	3,890	4,390	8,781	178,088±0,0088	1,8300	10,9166	21,8332	178,0417±0,0218
14	Vzdálenost 272	4,360	13,581	27,163	271,976±0,0272	2,7700	3,1745	6,3490	272,0106±0,0063
15	Vzdálenost 12	3,060	6,058	12,116	12,155±0,0121	0,1700	10,1657	20,3313	11,8636±0,0203
16	Vzdálenost 140	3,700	9,432	18,864	139,984±0,0189	1,4500	2,4633	4,9267	140,2301±0,0049
17	Vzdálenost 17	3,085	13,964	27,928	16,887±0,0279	0,2200	8,4522	16,9045	17,0728±0,0169

Pozn.: u_B - standardní nejistota typu B [μm],
 u_C - kombinovaná střední nejistota [μm],
 U - rozšířená nejistota měření [μm],
 Δ - výsledek měření daného rozměru [mm].

6 Zhodnocení navržené racionalizace

Porovnání stávající a navrhované metodiky kontroly je zhodnoceno na vyčíslení časové úspory, která vznikne užitím měřicího přístroje MTL 850 X-Stream místo starého způsobu kontroly.

6.1 Časy pro kontrolu starou metodou

Uvedené časové hodnoty jsou získány experimentálním měřením vybraného představitele.

Nastavení pasometru pomocí koncových měrek (25,000mm, 30,000mm) na hodnoty ložiskových průměrů (30k5, 25k5) a samotné měření – 2 min

Kontrola nastavení třmenového digitálního mikrometru dle válečku 25,000mm a kontrola zbylých průměrů (28j6, 30e7, 36c11_H, 36,17, 36c11_D) – 2 min

Kalibrace výškoměru a kontrola délkových rozměrů (40, 37, 19, 26, 179, 272, 12, 140, 17) – 3 min

Kontrola obvodového házení oběma způsoby – 2 min

Celkový čas pro kontrolu vybraného představitele bude činit:

$$T_C = \sum T_i = 2 + 2 + 3 + 2 = 9 \text{ min}$$

6.2 Čas pro kontrolu novou metodou

Doba trvání kontroly vybraného představitele $T_{VICI}=45s$, po tuto dobu probíhá samotné měření na přístroji MTL 850 X-Stream.

6.3 Porovnání kontrolovaných časů

Nově navržená metoda značně zefektivní kontrolní proces vybraného představitele. Nejen odstraní nedostatky stávající metody a zkrátí měřicí čas. Následující výpočet je pro úsporu času na jednom kontrolovaném představiteli:

$$T_{\text{úspora}} = T_C - T_{\text{VICI}} = 9\text{min} - 45\text{s} = \underline{8\text{ min}15\text{s}}$$

Předpokládaná kontrola tří vybraných kusů z výrobní dávky pak bude mít časovou úsporu:

$$T_{\text{úspora}_3\text{ks}} = T_{\text{úspora}} \cdot 3 = 8\text{min}15\text{s} \cdot 3 = \underline{24\text{ min}45\text{s}}$$

Mohl by nastat případ, že bude zákazníkem požadováno zkontrolování celé výrobní dávky, například 51 kusů vybraného představitele. Potom by dle teoretických výpočtů bylo ušetřeno času:

$$T_{\text{úspora}_\text{dávka}} = T_{\text{úspora}} \cdot 51 = 8\text{min}15\text{s} \cdot 51 = 420\text{ min}45\text{s} = \underline{7\text{h}45\text{s}}$$

7 Závěr

Diplomová práce je zaměřena na Racionalizaci kontroly hřídelí.

Byl proveden teoretický rozbor vybraného představitele, s představením firmy KOVOKON Popovice, s.r.o., následuje seznámení s kontrolovanou součástkou, jakým způsobem je vyráběna. Popsán stávající způsob měření dle domluvy firmy a zákazníka, který vybraného představitele montuje do sestavy elektromotoru. Zákazník vypracoval metodiku měření, která má nedostatky z důvodu nekompletního měření všech vyráběných rozměrů a tvarových prvků.

Byli navrženi tři možní kandidáti pro zefektivnění měřicího procesu. Jedná se o dva dotykové přístroje a jeden optický přístroj.

Dotykové metody jsou složitější, tudíž by dostatečně nezefektivnily metodu kontroly. Dosahované měřicí časy se zdaleka neblíží časům optického měření. Proto byla zvolena jako nejvýhodnější optická metoda kontroly. Následuje podrobnější popsání zvolené metody a vysvětlení jakým způsobem se naprogramuje zvolený výrobek. Předposlední část práce uvádí experimentální naměřené hodnoty, měřené dle metodiky kontroly požadované zákazníkem a metody nově navržené, provedeny na optickém přístroji MTL 850 X-Stream. Závěr hodnotí naměřená data a srovnává časovou náročnost porovnávaných metod kontroly.

Z těchto výsledků můžeme vidět, že nově zvolená metoda nejenže zefektivní a doplní nedostatky stávající metody, ale i zpřesní kontrolované parametry. Při porovnání velikosti standardních nejistot, rozšířených nejistot měření a výsledků měření daných rozměrů zjistíme, že hodnoty u nově navržené metody jsou přesnější než u metody stávající, staré. Výsledky měřených dat u nové metody kontroly mají menší rozptyl pokrytí daného kontrolovaného parametru.

Časové srovnání porovnávaných metod dává značně najevo, že racionalizace dosáhla svých plánů, zkrácení měřicího času na jednom vybraném představiteli z 9 min na hodnotu 45s dává úsporu 8min 15s. Při představě kontroly tří vybraných součástí z výrobní dávky bude pak uspořený čas mít hodnotu 24min45s. Představa kontroly celé výrobní dávky, obsahující např. 51 kusů vybraného představitele by teoreticky uspořila 7h45s.

8 Seznam použité literatury

- [1] Kovokon [online]. 2010 [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://www.kovokon.cz/>
- [2] Elektromotor [online]. 2014 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromotor>
- [3] ERIKS [online]. 2014 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.eriks.cz/eriks.asp?pageid=1741>
- [4] HYBRID [online]. 2006 [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: <http://hybrid.cz/files/images/elektromotor.jpg>
- [5] Hřídel [online]. 2014 [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/H%C5%99%C3%ADdel>
- [6] AUTO-STAR [online]. 2014 [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: http://www.auto-star.cz/eshop/index.php?main_page=popup_image&pID=341
- [7] PRIMA Bilavčík [online]. 2013 [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: <http://www.merici-pristroje.cz/produkty/podle-vyrobce/exameca/unidim/>
- [8] Souřadnicové měřicí stroje: Euro Apex - C. 2013.
- [9] KUBOŮŠEK [online]. 2010 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <http://www.kubousek.cz/cz/page/vici-vision>
- [10] Příručka konfigurace měření: VICIVISION. 2013.
- [11] Příručka pro obsluhu: VICIVISION. 2013.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat mé vedoucí práce paní Ing. Šárce Tiché, Ph.D. za odborné rady a vedení během psaní této diplomové práce. Zároveň bych chtěl poděkovat VŠB-TU Ostrava. Poděkování bych rád věnoval i firmě KOVOKON Popovice, s.r.o. za umožnění vypracování této diplomové práce, odborným radám a ochotě technického oddělení kontroly.

V Ostravě dne: 21.4 2014

Jan Botek

9 Seznam příloh

Příloha A - DP1- Výrobní výkres hřídele

Příloha B - DP2 - Kalibrační list digitálního třmenového mikrometru

Příloha C - DP3 - Kalibrační list pasametru

Příloha D - DP4 - Kalibrační list výškoměru

Příloha E - DP5 - Kalibrační list páčkového úchylkoměru

Příloha F - PD6 - Kalibrační list drsnoměru